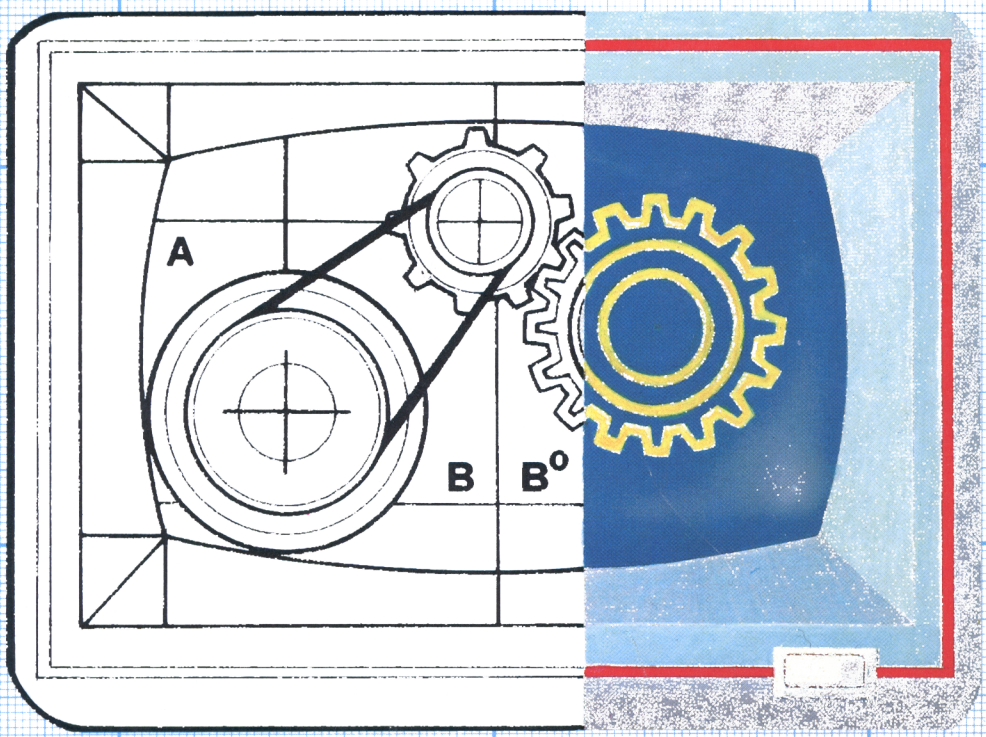
micro pour l'école

P.S.I.

MECA BASIC

20 programmes en BASIC de mécanique appliquée pour 1ere et terminale S et TS et IUT



THIERRY TACQUET
FRANCIS LEGROUX

MECA BASIC

Autres ouvrages d'application scolaire

Certains de ces ouvrages disposent d'une disquette d'accompagnement*

— *Le Basic et l'école, Tome 1 — Jacques Gouet
— *Le Basic et l'école, Tome 2 — Jacques Gouet
— MO5 et TO7 à l'école — Daniel Nielsen
— Destination collège — Daniel Nielsen
— Physique en poche, Tome 1 — Yves Dao-Léna
— Physique en poche, Tome 2 — Yves Dao-Léna
— Bac-Basic, Tome 1 — Yves Dao-Léna

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1er de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

© *Editions du P.S.I., B.P. 86, 77402 Lagny CEDEX, 1984*
ISBN : 2-86595-219-3

MECA BASIC

20 programmes en BASIC de mécanique appliquée pour 1ere et terminale S et TS et IUT

THIERRY TACQUET
FRANCIS LEGROUX

Editions du P.S.I.
1984

Sommaire

INTRODUCTION 7

STATIQUE PLANE - **Rappel de quelques notions** 9

STAT 1 : Equilibre d'un solide soumis à N forces coplanes quelconques 11

STAT 2 : Equilibre d'un solide soumis à N forces parallèles, coplanes 16

STAT 3 : Equilibre d'un solide soumis à quatre forces coplanes quelconques 20

C.D.G. : Calcul des coordonnées du centre de gravité d'une surface plane 25

QUADRA : Calcul du moment quadratique d'une surface plane quelconque 30

LES DIFFERENTS ENGRENAGES - **Caractéristiques** 37

E.C.D.D. : Caractéristiques d'un engrenage cylindrique à denture droite 38

E.C.D.H. : Caractéristiques d'un engrenage cylindrique à denture hélicoïdale 44

E.C.D.H.A.C: Caractéristiques d'un engrenage cylindrique à denture hélicoïdale à entr'axe connu 49

E.CO.D.D. : Caractéristiques d'un engrenage conique à denture droite 54

E.R.V.S.F. : Caractéristiques d'un engrenage à roue et vis sans fin 58

RESISTANCE DES MATERIAUX - **Notes communes aux programmes RDM 1, RDM 2, RDM 3** 63

RDM 1 : Résolution d'un problème de traction ou de compression simple, tous cas courants isostatiques 64

RDM 2 : Résolution d'un problème de cisaillement simple, tous cas courants isostatiques 72

RDM 3 : Résolution d'un problème de torsion simple, tous cas courants isostatiques 78

RESISTANCE DES MATERIAUX - **Flexion plane simple** 87

RDM 4 : Résolution d'un problème de flexion simple. Poutre encastrée, calcul des efforts tranchants et des moments fléchissants 89

RDM 5 : Résolution d'un problème de flexion simple. Poutre sur deux appuis, mêmes calculs que précédemment 99

RDM 6 : Résolution d'un problème de flexion simple. Poutre encastrée, tracé des graphes des efforts tranchants et des moments fléchissants 113

RDM 7 : Résolution d'un problème de flexion simple. Poutre sur deux appuis, mêmes graphes que précédemment 122

RDM 8 : Calcul des flèches maxi dans quatre cas classiques de flexion simple 130

CINEMATIQUE 137

CIN 1 : Cinématique du système de transformation de mouvement : came à cadre. Tracé des graphes des espaces et des vitesses 137

CIN 2 : Cinématique du système de transformation de mouvement : système bielle-manivelle. Tracé des graphes des espaces et des vitesses 141

Introduction

L'informatique individuelle révolutionne peu à peu la pédagogie des enseignants.

L'approche des applications d'un cours traditionnel de mécanique devient différente. Si les exercices à base de données simplifiées restent la meilleure méthode d'enseignement de la mécanique, cet outil nouveau qu'est l'ordinateur permet la résolution naguère fastidieuse de cas réels.

Plus les variables d'une équation sont lourdes, plus la répétition des calculs est fréquente, plus le nombre de paramètres existants est grand et plus la résolution par ordinateur devient motivante pour l'utilisateur.

Loin d'être astreignante, l'utilisation d'un programme devient amusante et la mécanique prend un aspect sympathique que bien peu d'élèves jusqu'alors lui accordaient.

Ces vingt programmes n'ont ni la prétention de couvrir entièrement un cours de mécanique, ni l'ambition d'enseigner la programmation. Ils proposent simplement aux nouveaux adeptes du Basic d'acquérir rapidement des outils de valorisation de leur machine.

Les programmes sont élaborés à partir d'instructions courantes dans tous les Basic et l'adaptation à d'autres micro-ordinateurs que le "Sinclair ZX 81" ne pose aucun problème à un débutant quelque peu passionné. La liste des commandes Basic utilisées est donnée page suivante.

Les organigrammes permettent un contrôle par module des instructions. Seules les parties graphiques restent d'adaptation particulière à chaque micro-ordinateur.

Pour chaque programme, des exercices ou applications sont proposés et traités. Leur but est non seulement de familiariser le lecteur avec le fonctionnement du logiciel, mais aussi de vérifier la bonne entrée des programmes.

Nous vous invitons à tester le bon fonctionnement de vos programmes à l'aide de ces exemples.

COMMANDES BASIC UTILISEES DANS MECABASIC

REM	: écriture de commentaires
LET A ou LET A$	: affectation d'une variable numérique ou d'une chaîne
INPUT A ou INPUT A$	: entrée d'une valeur numérique ou d'une chaîne
GOTO X	: branchement direct
GOSUB X...RETURN	: branchement à un sous-programme
IF...THEN	: contrôle d'une condition
FOR..TO..STEP	: boucles avec pas éventuel
INKEY$	: saisie d'un caractère au clavier
DIM T(N) à 1 dim.	: dimensionnement d'un tableau
VAL$	: conversion d'une chaîne en valeur numérique
PRINT AT L,C PRINT TAB C	: affichage positionné ou tabulé (21 lignes, 31 colonnes)
PLOT X,Y (63, 43)	: affichage d'un point de coordonnées X, Y
CLS	: effacement de l'écran
STOP	: arrêt du déroulement
FAST ou SLOW (facultatif)	: mode rapide ou lent

OPERATEURS

\+ - * / ** SQR SIN COS INT ABS OR NOT

< > <= >= <>

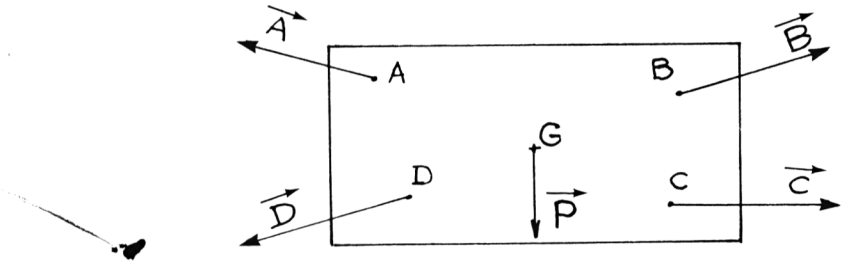
STATIQUE PLANE

Rappel de quelques notions

EQUILIBRE D'UN SOLIDE ISOLE

Exemple

Soit une plaque de masse M, en équilibre statique, c'est-à-dire au repos, sous l'action de forces extérieures qui lui sont appliquées.



Chaque force est représentée par un vecteur appliqué en son point d'action qui modélise ainsi l'action mécanique réellement exercée.

La traduction mathématique de cet état d'équilibre sera :

- somme vectorielle des forces extérieures = 0
- somme des moments par rapport à un point quelconque de ces mêmes forces = 0.

Equations qui s'écrivent dans notre exemple :

$$-\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D} + \vec{P} = \vec{0}$$

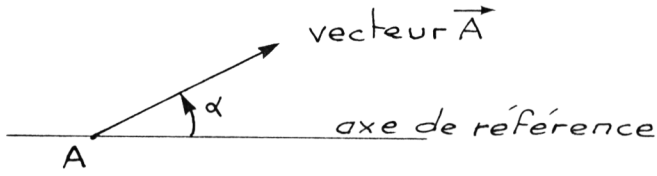
$$-\overrightarrow{M/o\ \vec{A}} + \overrightarrow{M/o\ \vec{B}} + \overrightarrow{M/o\ \vec{C}} + \overrightarrow{M/o\ \vec{D}} + \overrightarrow{M/o\ \vec{P}} = \vec{0}$$

Résoudre un problème de statique est donc, pour chaque solide étudié, vérifier ces deux équations fondamentales de l'équilibre statique.

METHODES DE RESOLUTION EN STATIQUE PLANE

Chaque vecteur représentant de la force extérieure est caractérisé par :

- son point d'application ;
- sa direction (angle α)
- sa longueur appelée norme ou module.



METHODES GRAPHIQUES

Les résultats conjugués de la géométrie vectorielle et l'application des équations fondamentales de l'équilibre conduisent à des solutions graphiques pour quelques cas spécifiques d'équilibre.

Nous ne développerons pas ces méthodes puisqu'elles débordent du cadre de cet ouvrage ou nécessiteraient, pour leur transposition informatique, l'emploi d'un écran graphique de haute résolution.

METHODES ALGEBRIQUES

Pour un problème statique plan, et après choix d'un système d'axes de projection Ox,Oy convenablement centré, les équations fondamentales de la statique se traduisent par : :

- deux équations de projection ;
- une équation de moment ;

soit donc trois équations qui permettent au plus de calculer trois inconnues par solide isolé et modélisé.

Si l'on suppose en outre que les points d'application des forces appliquées sont connus (ce qui est vrai dans la grande majorité des cas), les cas de résolution possibles sont ceux que vous proposent les trois programmes suivants, à savoir :

- **STAT 1** : une direction et deux modules inconnus ;
- **STAT 2** : deux modules inconnus ;
- **STAT 3** : trois modules inconnus.

Pour chaque cas traité, le système d'équations obtenu est résolu soit pas substitution, soit par méthode des déterminants.

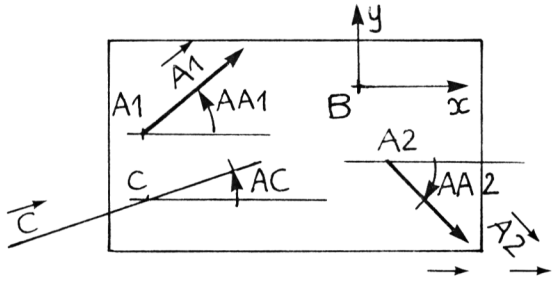
Pour aider le lecteur à comprendre le mode de programmation et l'origine des algorithmes utilisés, un exemple général de résolution algébrique est donné avant chaque programme.

STAT 1

Équilibre d'un solide - Forces coplanes

EXEMPLE GENERAL DE RESOLUTION

Le nombre de forces extérieures connues est quelconque, mais nous n'en prendrons que deux pour faciliter le développement des calculs.



Actions connues entièrement : $\overline{A1}$ et $\overline{A2}$.

Caractéristiques et notations

A1	:	point d'application
AA1	:	angle orienté $(\vec{Ax},\vec{A1})$
$\overline{A1}$	:	module algébrique

Actions de direction et module inconnus : $\vec{B}$
Action de module inconnu : $\vec{C}$

SYSTEME A RESOUDRE

$$\begin{cases} . \ \overline{A1}.\cos AA1 + \overline{A2}.\cos AA2 + \overline{C}.\cos AC + \overline{B}.\cos AB = 0 \\ . \ \overline{A1}.\sin AA1 + \overline{A2}.\sin AA2 + \overline{C}.\sin AC + \overline{B}.\sin AB = 0 \\ . \ \vec{BA1} \wedge \vec{A1} + \vec{BA2} \wedge \vec{A2} + \vec{BC} \wedge \vec{C} = \vec{0} \end{cases}$$

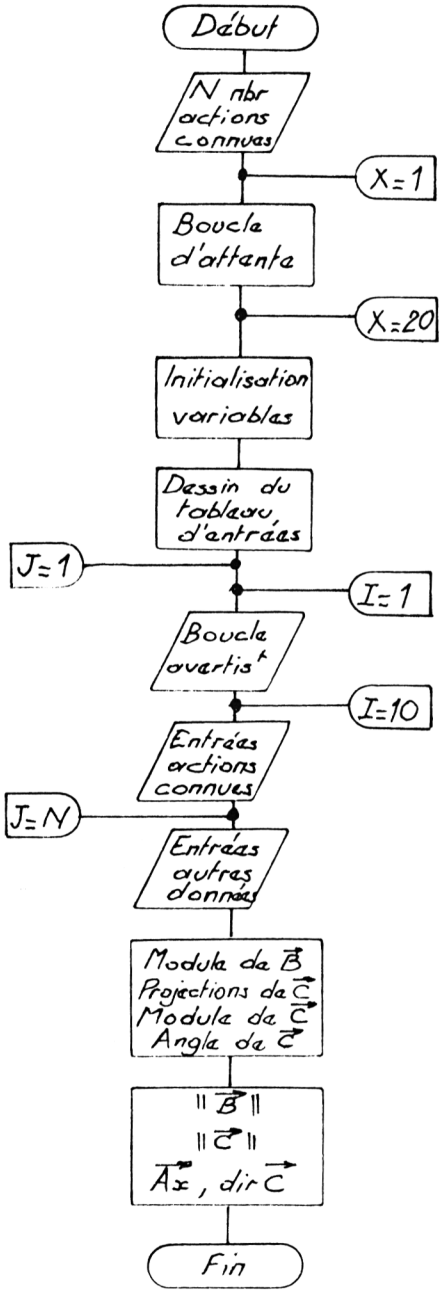
Ces trois produits vectoriels se développent comme suit :

$$\vec{BA1} \wedge \vec{A1} : \begin{Vmatrix} XA1 & A1.\cos AA1 \\ YA1 & A1.\sin AA1 \end{Vmatrix} = XA1.\overline{A1}.\sin AA1 - YA1.\overline{A1}.\cos AA1$$

où XA1 et YA1 représentent les coordonnées cartésiennes du point A1.

La résolution de ce système est relativement aisée, bien que longue, et nous laissons le soin au lecteur quelque peu mathématicien de la réaliser.

ORGANIGRAMME



PROGRAMME

```
  10 REM "STAT1"
  20 PRINT TAB 9;"*STATIQUE.1*"
  22 PRINT AT 5,0;"NBRE D""ACTIO
NS CONNUES :";
  23 INPUT N
  24 PRINT N
  25 FOR X=1 TO 20
  26 NEXT X
  27 LET SFX=0
  28 LET SF=0
  29 LET SFY=0
  30 PRINT AT 5,0;"DONNEES* X   *
 Y   *MODULE  *ANGLE"
  40 PRINT "--------------------
-----------"
  50 LET A$="ACT.    *     *     *
     *"
  55 FOR J=1 TO N
  60 PRINT A$;AT 6+J,4;"A";J
  64 FOR I=1 TO 10
  65 PRINT AT 9+N,5;"ACTION CONN
UE"
  66 PRINT AT 9+N,5;"
  "
  67 NEXT I
  70 INPUT XA
  80 PRINT AT 6+J,8;XA
  90 INPUT YA
 100 PRINT AT 6+J,13;YA
 110 INPUT A
 120 PRINT AT 6+J,18;A
 130 INPUT AA
 135 PRINT AT 6+J,26;AA
 140 LET AA=AA*PI/180
 141 LET AX=A*COS AA
 142 LET S=A*(YA*COS AA-XA*SIN A
A)
 143 LET AY=A*SIN AA
 144 LET SF=SF+S
 145 LET SFX=SFX+AX
 146 LET SFY=SFY+AY
 149 NEXT J
 150 PRINT AT 7+N,0;A$;AT 7+N,4;
"B";AT 7+N,18;"
 160 INPUT XB
 170 PRINT AT 7+N,8;XB
 180 INPUT YB
 190 PRINT AT 7+N,13;YB
 200 INPUT AB
 210 PRINT AT 7+N,26;AB
 220 LET AB=AB*PI/180
 230 PRINT AT 8+N,0;A$;AT 8+N,4;
"C";AT 8+N,8;0;AT 8+N,13;0
 235 PRINT AT 9+N,5;"ATTENDEZ 5
SECONDES"
 240 LET B=SF/((XB*SIN AB)-(YB*C
OS AB))
 250 LET CX=-B*COS AB-SFX
 260 LET CY=-B*SIN AB-SFY
 270 IF CX<>0 THEN LET AC=(ATN (
CY/CX))*180/PI
 275 IF CX=0 THEN LET AC=90
 280 LET C=CX/COS (AC*PI/180)
 290 PRINT AT 7+N,18;INT B
 300 PRINT AT 8+N,18;INT C+1;AT
8+N,26;INT AC
 310 PRINT AT 9+N,5;"
                    "
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 26 : entrée du nombre d'actions connues.
Lignes 27 à 64 : initialisation des variables.
dessin du tableau d'entrées.
Ligne 55 : début de la boucle d'entrée des actions connues.
Lignes 60 à 67 : boucle d'avertissement.
Lignes 70 à 135 : entrée des caractéristiques des actions **XA,YA** : coordonnées des points ;
A : modules ; **AA** : angles orientés / xx'.
Lignes 140 à 146 : calcul des projections sur les axes.
Sommation des projections de même nature.
Ligne 149 : fin de la boucle des entrées d'actions connues.
Lignes 150 à 230 : entrée des caractéristiques de l'action B de direction connue et module inconnu.
XB,YB : coordonnées du point ;
AB : angle orienté.
Lignes 235 à 280 : calcul des inconnues solutions du système des trois équations.
Lignes 290 à 310 : affichage des résultats.

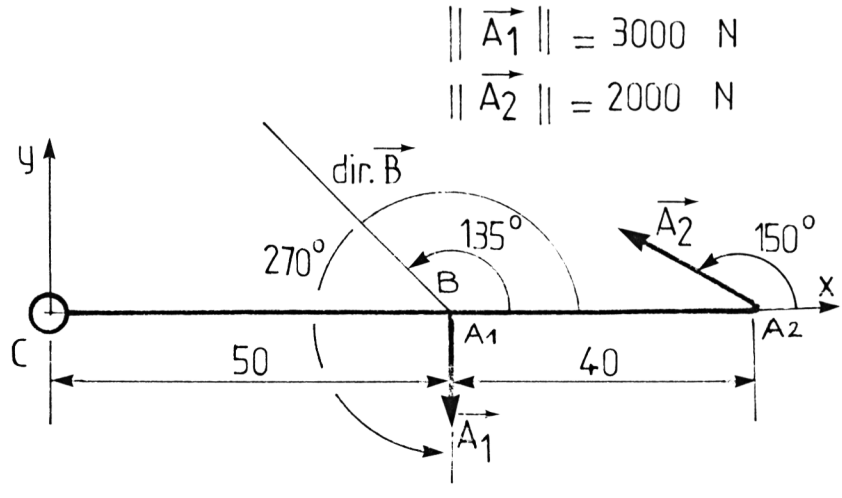
EXEMPLE PARTICULIER DE RESOLUTION

Une poutre articulée en C sur un bâti est maintenue horizontale par un câble fixé en B sur la poutre et en D sur le bâti.

Un câble auxiliaire de tension connue et de direction connue est fixé à son extrémité A.

Une charge de module connu est appliquée en A1, point d'application variable.

Lorsque A1 est en B, déterminer les caractéristiques de l'action C et la tension dans le câble BD (toutes les valeurs numériques utiles sont inscrites sur la figure).



RESULTATS ET COPIE D'ECRAN

N = 2

STATIQUE,1

DONNEES	* X	* Y	*MODULE	*ANGLE
ACT.A1	*50	*0	*3000	*270
ACT.A2	*90	*0	*2000	*150
ACT.B	*50	*0	*1697	*135
ACT.C	*0	*0	*3040	*15

STAT 2

Équilibre d'un solide - Forces parallèles

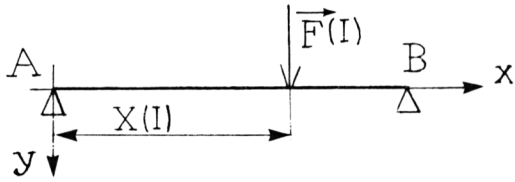
Comparativement à sa longueur, ce programme est très performant ; jugez-en vous-même : il calcule les **actions aux appuis d'une poutre** chargée d'un nombre quelconque de charges concentrées.

La méthode de calcul employée est la méthode de superposition dont nous vous rappelons les principes.

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- poutre sur appuis simples ;
- système $\vec{Ox},\vec{Oy}$ centré sur le premier appui ;
- actions concentrées perpendiculaires à la poutre ;
- module compté positivement vers le bas.

METHODE DE SUPERPOSITION



Données

L : longueur de la poutre entre A et B
N : nombre total de charges concentrées

La figure représente l'une de ces forces $\vec{F}(I)$, appliquée au point d'abscisse X(I).

Pour chaque force entrée, les équations d'équilibre s'écrivent :

$$\begin{cases} \overline{A} + \overline{B} + \overline{F}(I) = 0 \\ F(I).X(I) + \overline{B}.L = 0 \end{cases}$$

Système qui admet comme solutions :

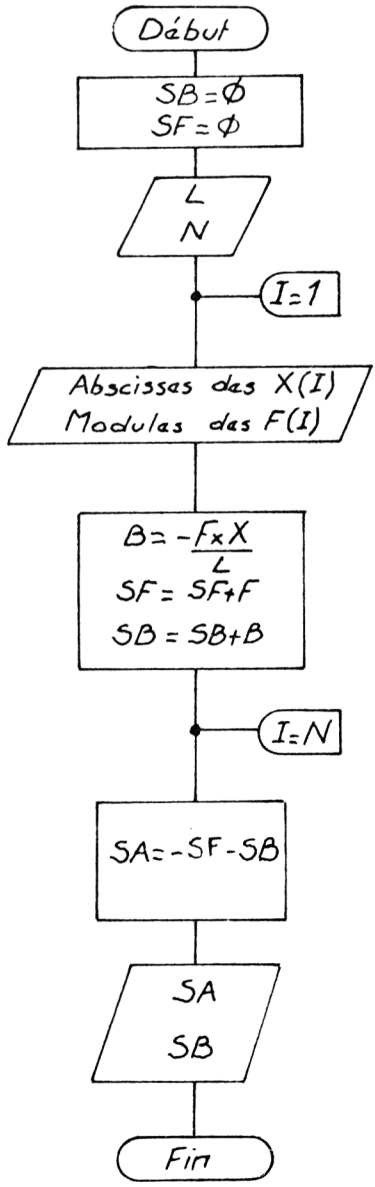
$$\begin{cases} \overline{B} = - F(I).X(I)/L \\ A = - B - F(I) \end{cases}$$

Si nous superposons ces résultats N fois en effectuant pour chaque I (I variant de 1 à N), le calcul de B et de A, il nous suffira d'additionner ces résultats pour trouver les modules de SA et SB (somme des modules de $\vec{A}$ et de $\vec{B}$).

L'organigramme résume ce processus de calcul qui est établi dans la boucle I=1 à I=N.

Note : l'abscisse X(I) peut être négative ou supérieure à L.

ORGANIGRAMME



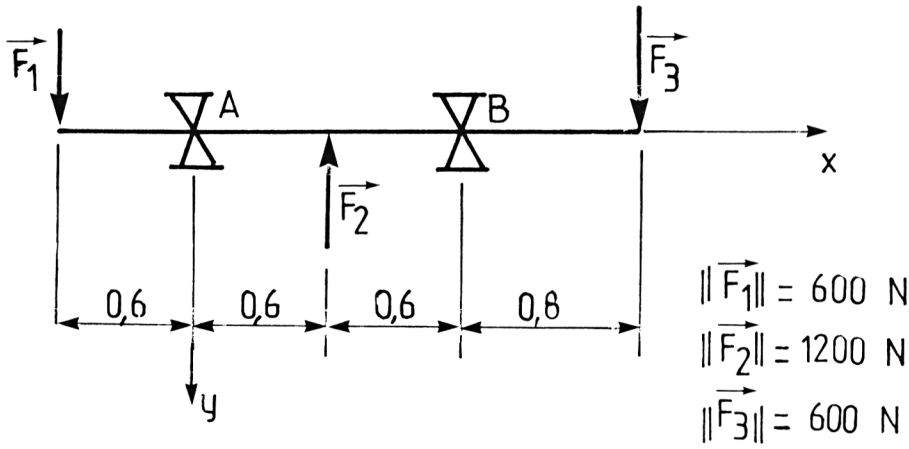
PROGRAMME

```
  1 REM "STAT2"
  5 PRINT TAB 10;"[illegible]"
 10 LET SB=0
 20 LET SF=0
 30 PRINT AT 3,0;"LONGUEUR ENTR
E APPUIS L:";
 40 INPUT L
 50 PRINT L
 60 PRINT AT 5,5;"NOMBRE DE FOR
CES N:";
 70 INPUT N
 80 PRINT N
 90 FOR I=1 TO N
100 PRINT AT I+6,0;"ABSCISSE X"
;I;"=";AT I+6,17;"MODULE F";I;"=
105 INPUT X
110 PRINT AT I+6,12;X
115 INPUT F
120 PRINT AT I+6,27;F
130 LET B=-F*X/L
140 LET SF=SF+F
150 LET SB=SB+B
160 NEXT I
170 LET SA=-SF-SB
180 PRINT
190 PRINT "ACTION A=";SA
200 PRINT "ACTION B=";SB
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 et 20 : initialisation des variables sommes SA et SB.
Lignes 30 à 80 : entrées de la longueur L ; du nombre de forces connues N.
Lignes 90 à 160 : entrées des abscisses et modules des forces connues calculs de l'action aux appuis pour une force et superposition.
Ligne 170 : calcul de l'action du second appui.
Lignes 190 et 200: impression des résultats.

EXEMPLE DE RESOLUTION



RESULTATS ET COPIE D'ECRAN

```
LONGUEUR ENTRE APPUIS L:1.2
      NOMBRE DE FORCES N:3
ABSCISSE X1=-0.6 MODULE F1=600
ABSCISSE X2=0.6  MODULE F2=-1200
ABSCISSE X3=2    MODULE F3=600

ACTION A=100
ACTION B=-100
```

STAT 3

Équilibre d'un solide - 4 forces coplanes

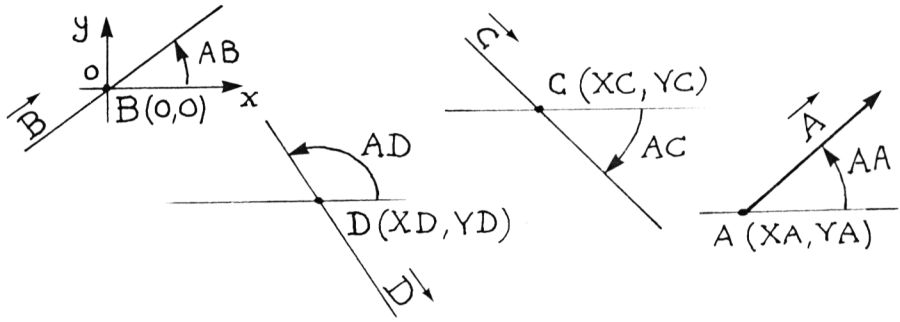
Ce programme permet la résolution d'un équilibre courant en statique qui correspond à la **méthode graphique dite de "Culman".**

Les hypothèses de calcul sont donc :

- une action entièrement connue notée ci-dessous A ;
- trois actions de modules inconnus notées B, C, D.

Le système d'axes est centré sur le point d'application de l'une des trois actions $\vec{B}$, $\vec{C}$, $\vec{D}$.

La convention de signe des angles est celle des angles orientés précédemment employée.



L'équilibre du système conduit aux équations suivantes :

$$\begin{cases} \overline{B}.\cos AB + \overline{C}.\cos AC + \overline{D}.\cos AD + A.\cos AA = 0 \\ \overline{B}.\sin AB + \overline{C}.\sin AC + \overline{D}.\sin AD + A.\sin.AA = 0 \\ XC.\overline{C}.\sin AC - YC.\overline{C}.\cos AC + XD.\overline{D}.\sin AD - YC.\overline{D}\cos AD \\ + XA.A.\sin AA - YA.A\cos AA = 0 \end{cases}$$

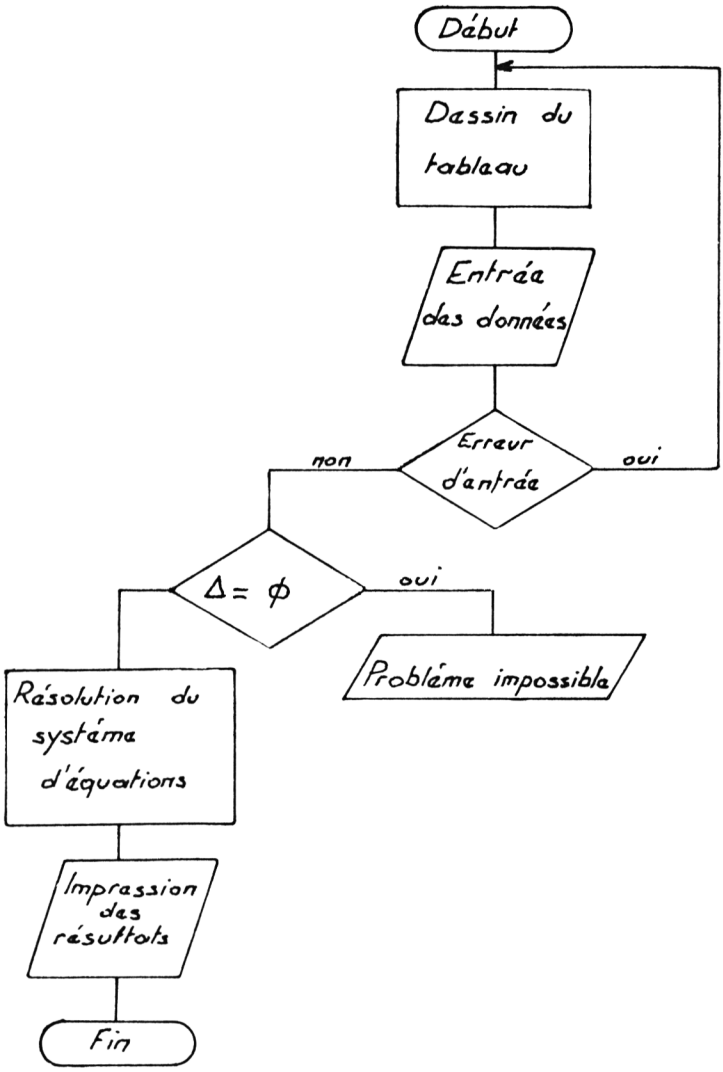
système de trois équations dont les trois inconnues sont B, C, D.

La résolution de ce système par la méthode des déterminants conduit aux algorithmes utilisés dans le programme.

Pour le lecteur désireux d'approfondir le calcul, les notations employées sont les suivantes :

- **DEN** : déterminant principal ;
- **BN,CN,DN** : déterminants secondaires.

ORGANIGRAMME



Remarque : Δ est le déterminant principal du système d'équations.

PROGRAMME

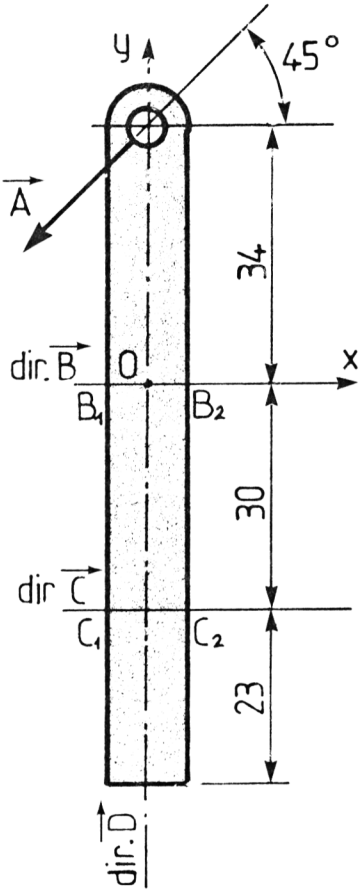
```
  10 REM "STAT3"
  15 CLS
  20 PRINT TAB 10;"*[illegible]*"
  25 PRINT
  30 PRINT "1,2,3:FORCES DE MODU
LES ?"
  35 PRINT
  40 PRINT TAB 4;"1:ORIGINE DU S
YSTEME OX.OY"
  45 PRINT
  50 PRINT TAB 4;"4:FORCE CONNUE
 ENTIEREMENT"
  52 PRINT
  55 PRINT "[illegible]
[illegible]"
  60 PRINT "DONNEES* X   * Y   *MO
DULE*ANGLE*"
  65 PRINT "[illegible]
[illegible]"
  70 PRINT "FORCE 1* 0   * 0   *[illegible]
[illegible]*"
  75 PRINT "FORCE 2*     *     *[illegible]
[illegible]*"
  80 PRINT "FORCE 3*     *     *[illegible]
[illegible]*"
  85 PRINT "FORCE 4*     *     *
   *"
  90 PRINT "[illegible]
[illegible]"
  95 PRINT
  97 PRINT "  REMPLIR LE TABLEAU
 "
  98 PRINT "  DE GAUCHE A DROITE
"
  99 PRINT "  PUIS DE HAUT EN BA
S"
 100 INPUT AB
 105 PRINT AT 11,25;AB
 110 INPUT XC
 115 PRINT AT 12,8;XC
 120 INPUT YC
 125 PRINT AT 12,13;YC
 130 INPUT AC
 135 PRINT AT 12,25;AC
 140 INPUT XD
 145 PRINT AT 13,8;XD
 150 INPUT YD
 155 PRINT AT 13,13;YD
 160 INPUT AD
 165 PRINT AT 13,25;AD
 170 INPUT XA
 175 PRINT AT 14,8;XA
 180 INPUT YA
 185 PRINT AT 14,13;YA
 190 INPUT A
 195 PRINT AT 14,16;A
 200 INPUT AA
 205 PRINT AT 14,25;AA
 210 PRINT AT 16,2;"[illegible]
[illegible]"
 215 INPUT E
 220 IF E=0 THEN RUN
```

```
 225 LET A1=COS (AB*PI/180)
 230 LET A2=SIN (AB*PI/180)
 235 LET B1=COS (AC*PI/180)
 240 LET B2=SIN (AC*PI/180)
 245 LET B3=(XC*SIN (AC*PI/180))
-(YC*COS (AC*PI/180))
 250 LET D1=-A*COS (AA*PI/180)
 255 LET D2=-A*SIN (AA*PI/180)
 260 LET D3=(YA*A*COS (AA*PI/180
))-(XA*A*SIN (AA*PI/180))
 265 LET C1=COS (AD*PI/180)
 270 LET C2=SIN (AD*PI/180)
 275 LET C3=(XD*SIN (AD*PI/180))
-(YD*COS (AD*PI/180))
 280 LET DEN=A1*B2*C3-A1*C2*B3-A
2*B1*C3+A2*C1*B3
 285 IF DEN=0 THEN GOTO 350
 290 LET BN=D1*B2*C3-D1*C2*B3-D2
*B1*C3+D2*C1*B3+D3*B1*C2-D3*C1*B
2
 300 LET B=BN/DEN
 310 LET CN=A1*D2*C3-A1*C2*D3-A2
*D1*C3+A2*C1*D3
 320 LET C=CN/DEN
 330 LET DN=A1*B2*D3-A1*B3*D2-A2
*B1*D3+A2*D1*B3
 335 LET D=DN/DEN
 340 PRINT AT 11,18;INT B;AT 12,
18;INT C;AT 13,18;INT D
 345 STOP
 350 PRINT AT 20,2;"[illegible]
[illegible]"
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 205 : tracé du tableau.
Lignes 205 à 220 : test d'erreur d'entrée.
Lignes 225 à 275 : affectation des coefficients du système d'équations.
Lignes 280 à 285 : calcul du déterminant principal et test d'égalité à 0.
Lignes 290 à 335 : calcul des solutions du système de Cramer par la méthode des déterminants.
Lignes 340 à 345 : affichage des résultats.

EXEMPLE DE RESOLUTION



$\|\vec{A}\| = 1000$ N

action $\vec{A}$: pt A, direction inclinée à 45°, sens vers le bas, module 1000 N

action $\vec{B}$: pts B1 ou B2, direction horizontale, sens ?, module ?

action $\vec{C}$: pts C1 ou C2, direction horizontale, sens ?, module ?

action $\vec{D}$: pt D, direction verticale, sens vers le haut, module ?

B : force 1 X=Ø ; Y=Ø ; module ? ; angle Ø
C : force 2 X=Ø ; Y=-30 ; module ? ; angle Ø
D : force 3 X=Ø ; Y=-53 ; module ? ; angle 9Ø
A : force 4 X=Ø ; Y=+34 ; 1ØØØ N ; angle -135 ou +225

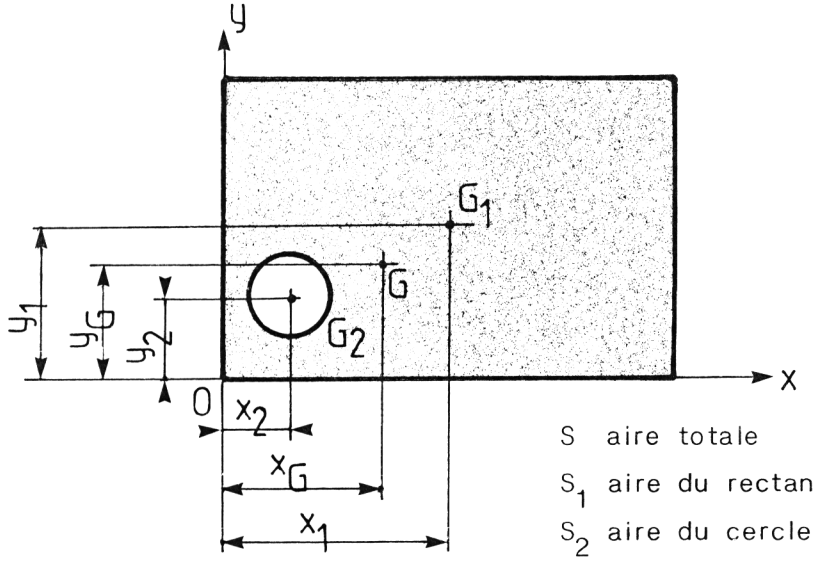
RESULTATS ET COPIE D'ECRAN

DONNEES	X	Y	MODULE	ANGLE
FORCE 1	Ø	Ø	1508	Ø
FORCE 2	Ø	-30	-802	Ø
FORCE 3	Ø	-53	707	9Ø
FORCE 4	Ø	34	1000	-135

C.D.G.

Centre de gravité d'une surface plane

EXEMPLE DE CALCUL



$S = S_1 - S_2$ (S_2 est négative)

Les coordonnées du centre de gravité de la section sont données par les relations :

$$x_G = \frac{x_1 S_1 + x_2 S_2}{S} \quad \text{et} \quad y_G = \frac{y_1 S_1 + y_2 S_2}{S}$$

D'une façon plus générale :

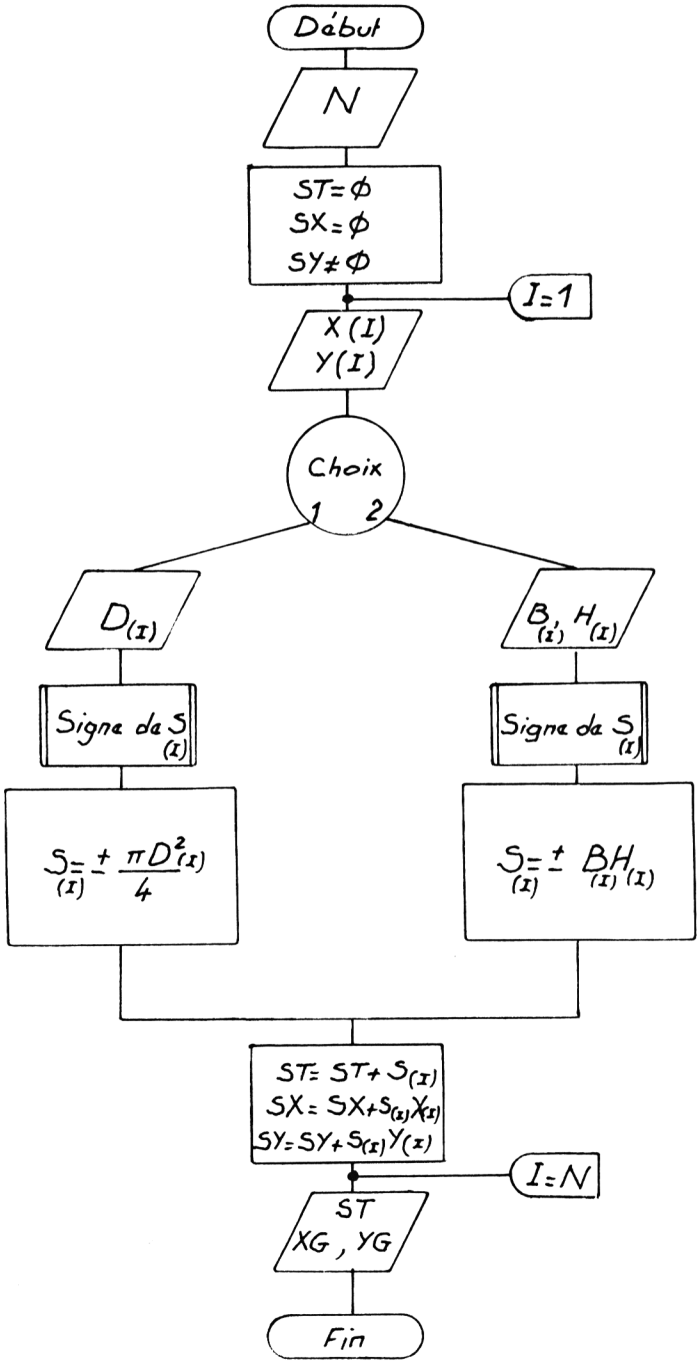
$$x_G = \frac{\Sigma x_i S_i}{S} = \frac{SX}{S} \quad \text{et} \quad y_G = \frac{\Sigma y_i S_i}{S} = \frac{SY}{S}$$

Dans le programme "C.D.G.", aucune concurrence aux tableaux de sections normalisées n'est faite. Il est certes capable de vous calculer la position du centre de gravité d'une section U ou L, mais sa réelle fonction reste le calcul des coordonnées du centre de gravité de surfaces planes quelconques.

La seule restriction à son utilisation est que cette surface soit décomposable en éléments rectangulaires ou circulaires.

La méthode de travail est élémentaire, comme vous le montre l'organigramme et les commentaires ci-dessous.

ORGANIGRAMME



PROGRAMME

```
  10 REM "CDG"
  20 PRINT TAB 6;"*[illegible]
[illegible]*"
  25 PRINT
  30 PRINT "COMBIEN Y-A-T""IL DE
 SURFACES"
  35 PRINT
  40 PRINT "ELEMENTAIRES N:";
  50 INPUT N
  60 PRINT N
  70 LET ST=0
  80 LET SY=0
  90 LET SX=0
 100 FOR I=1 TO N
 110 PRINT
 120 PRINT TAB 6;"[illegible]
[illegible]";I
 130 PRINT
 140 PRINT TAB 6;"CENTRE DE GRAV
ITE G:"
 150 PRINT
 160 PRINT "ABSCISSE X";I;"=";
 170 INPUT X
 180 PRINT X
 190 PRINT "ORDONNEE Y";I;"=";
 200 INPUT Y
 210 PRINT Y
 220 PRINT
 230 PRINT "AIRE:";TAB 7;"[illegible]
";TAB 15;"[illegible]-DISQUE"
 240 PRINT TAB 15;"[illegible]-RECTANGLE"
 250 INPUT C
 260 IF C=C THEN GOTO 300*C
 270 IF C<>1 OR C<>2 THEN GOTO 2
50
 280 CLS
 300 PRINT TAB 6;"[illegible]"
 310 PRINT
 320 PRINT "DIAMETRE DU DISQUE D
";I;"=";
 330 INPUT D
 340 PRINT D
 350 GOSUB 800
 360 IF E=1 THEN LET S=PI*D*D/4
 370 IF E=0 THEN LET S=-PI*D**2/
4
 380 GOTO 700
 600 CLS
 610 PRINT TAB 6;"[illegible]"
 620 PRINT
 630 PRINT "LARGEUR DU RECTANGLE
 B";I;"=";
 640 INPUT B
 645 PRINT B
 650 PRINT "HAUTEUR DU RECTANGLE
 H";I;"=";
 655 INPUT H
 660 PRINT H
 670 GOSUB 800
 680 IF E=1 THEN LET S=B*H
 690 IF E=0 THEN LET S=-B*H
 700 CLS
 710 LET ST=ST+S
```

```
  720 LET SX=SX+S*X
  730 LET SY=SY+S*Y
  740 NEXT I
  750 PRINT TAB 6;"RESULTATS"
  760 PRINT AT 10,5;"SURFACE TOTA
LE S=";ST
  770 PRINT AT 13,2;"COORDONNEES
DE G"
  780 PRINT AT 12,18;"XG=";SX/ST
  790 PRINT AT 14,16;"YG=";SY/ST
  795 STOP
  800 PRINT
  810 PRINT TAB 4;"1-AIRE A AJOUT
ER"
  820 PRINT TAB 4;"0-AIRE A RETRA
NCHER"
  830 INPUT E
  840 RETURN
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 90 : entrée du nombre de surfaces élémentaires et initialisation des sommes.

Lignes 100 à 220 : entrées des coordonnées du C.D.G de chaque surface.

Lignes 200 à 280 : choix du type de surface.

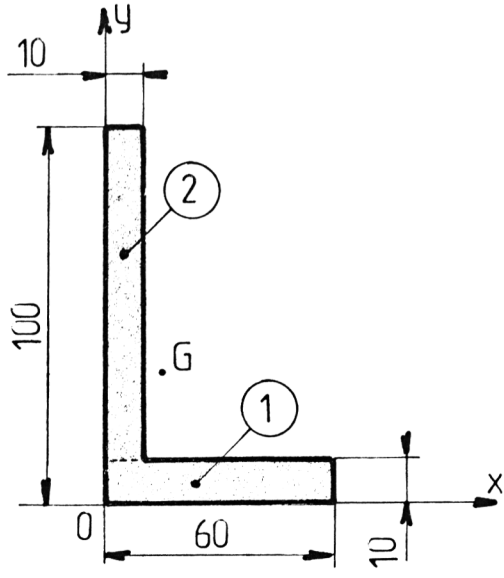
Lignes 300 à 380 : entrée du diamètre D et calcul de la surface S.

Lignes 600 à 690 : entrées des dimensions B et H du rectangle et calcul de S.

Lignes 700 à 795 : somme des produits SX et SY. Somme des surfaces S.

Lignes 800 à 840 : sous-programme donnant le signe de la surface.

EXEMPLE D'UTILISATION



On se propose de calculer le centre de gravité de la section ci-dessus. La surface est décomposée en deux rectangles élémentaires 1 et 2 dont le contour est défini sur la figure.

La copie d'écran vous indique les processus d'entrées des différentes données.

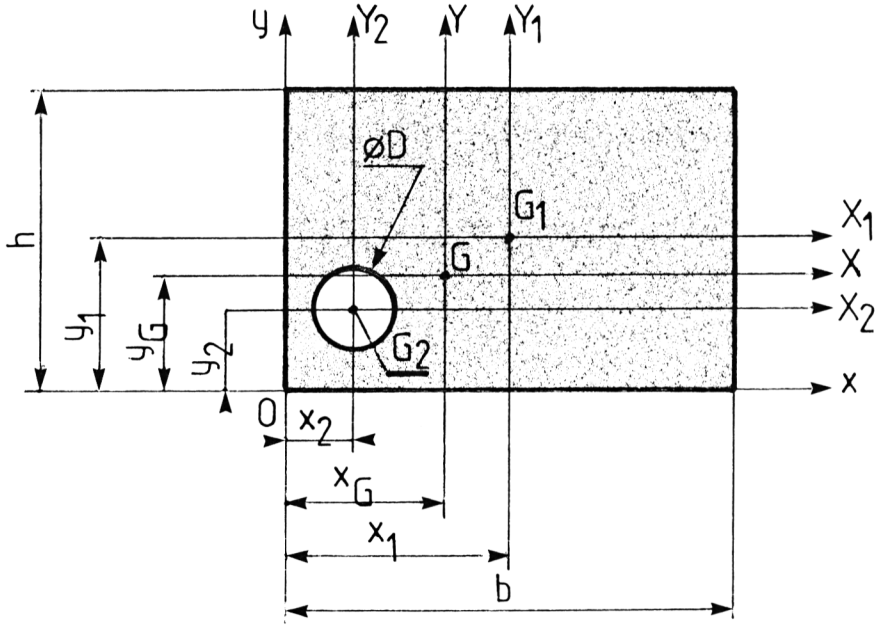
RESULTATS ET COPIE D'ECRAN

```
*CENTRE DE GRAVITE*

COMBIEN Y-A-T"IL DE SURFACES

ELEMENTAIRES N:2

SURFACE NUMERO 1

CENTRE DE GRAVITE G:

ABSCISSE X1=30
ORDONNEE Y1=5

AIRE:   NATURE   1-DISQUE
                 2-RECTANGLE

RECTANGLE

LARGEUR DU RECTANGLE B1=60
HAUTEUR DU RECTANGLE H1=10

1-AIRE A AJOUTER
0-AIRE A RETRANCHER

SURFACE NUMERO 2

CENTRE DE GRAVITE G:

ABSCISSE X2=5
ORDONNEE Y2=55

AIRE:   NATURE   1-DISQUE
                 2-RECTANGLE

RECTANGLE

LARGEUR DU RECTANGLE B2=10
HAUTEUR DU RECTANGLE H2=90

1-AIRE A AJOUTER
0-AIRE A RETRANCHER

RESULTATS

SURFACE TOTALE S=1500

                    XG=15
COORDONNEES DE G
                    YG=35
```

QUADRA

Moment quadratique d'une surface plane

EXEMPLE DE CALCUL



Hypothèse

On connaît la position de G dans le système d'axes xOy.

Soit à déterminer le moment quadratique de la surface totale par rapport à l'axe GX :

$$I_{GX} = I_{GX\ (rectangle)} - I_{GX\ (cercle)}$$

Rappels

On démontre que :

$$I_{G_1X_1} = \frac{bh^3}{12} \qquad I_{G_2X_2} = I_{G_2Y_2} = \frac{\pi d^4}{64} \qquad I_{G_1Y_1} = \frac{hb^3}{12}$$

Le théorème de Huygens permet d'écrire :

$$I_{GX} = I_{G_1X_1} + S_1d_1^2 - (I_{G_2X_2} + S_2d_2^2)$$

S_1 et S_2 étant respectivement les aires du rectangle et du cercle.

On vérifiera que $d_1^2 = (y_G - y_1)^2$ et que $d_2^2 = (y_G - y_2)^2$.

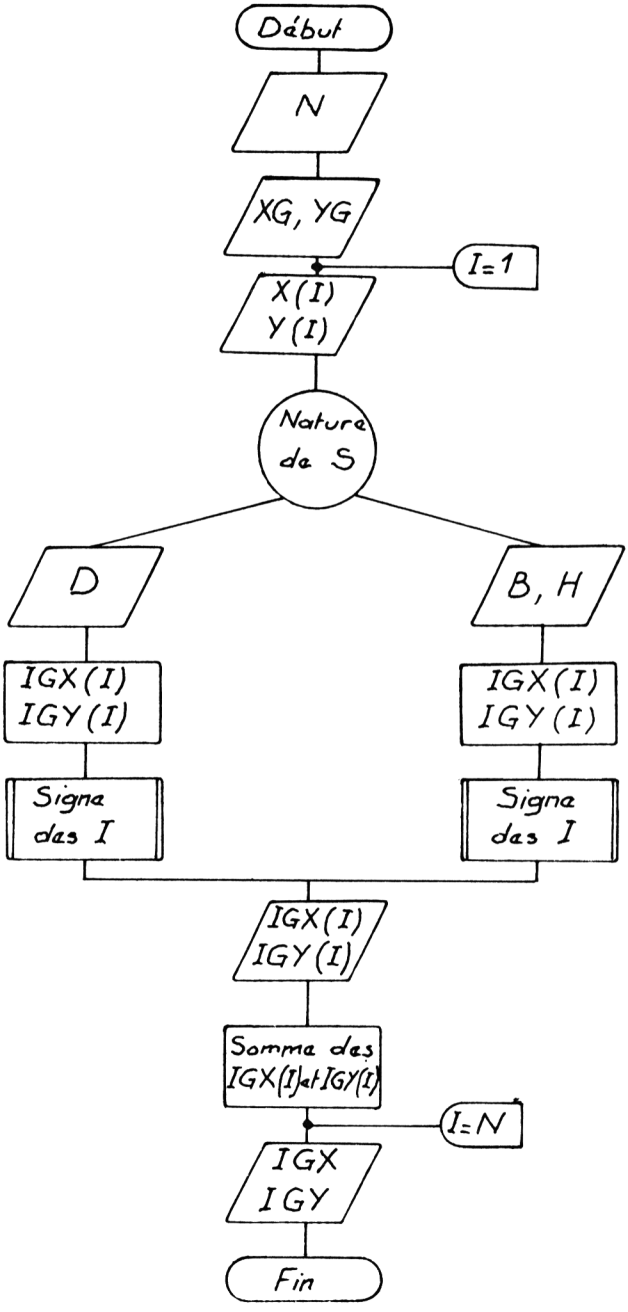
De même :

$$I_{GY} = I_{G_1Y_1} + S_1(x_G - x_1)^2 - (I_{G_2Y_2} + S_2(x_G - x_2)^2).$$

Le programme "**QUADRA**" est établi dans le même esprit que celui du centre de gravité. Il permet de calculer les **moments quadratiques IGX et IGY** d'une section quelconque, pourvu qu'elle soit décomposable en éléments rectangulaires ou circulaires.

Il faut évidemment auparavant connaître les coordonnées du centre de gravité G de la section. C'est d'ailleurs les premières entrées de données demandées dans ce programme de type conversationnel.

ORGANIGRAMME



PROGRAMME

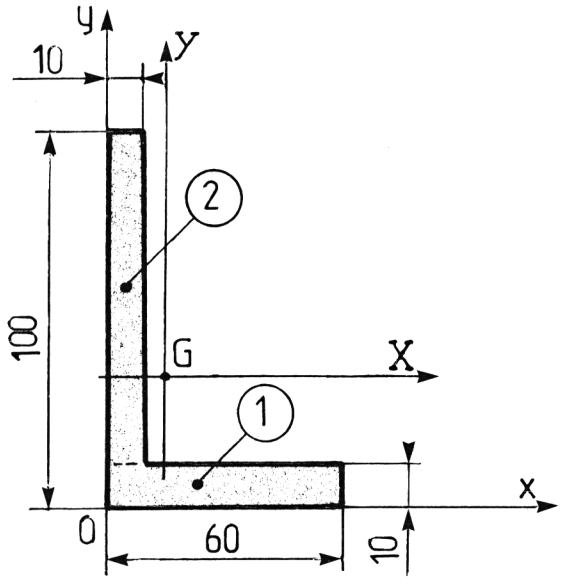
```
    1 REM "MOMENT QUADRATIQUE"
    5 PRINT TAB 6;"*[illegible]
[illegible]*"
   10 PRINT
   15 PRINT "COMBIEN Y-A-T""IL DE
 SURFACES"
   20 PRINT
   25 PRINT "ELEMENTAIRES ?:";
   30 INPUT N
   35 PRINT N
   45 DIM X(N)
   50 DIM Y(N)
   55 DIM U(N)
   60 DIM V(N)
   65 LET IGX=0
   70 LET IGY=0
   80 PRINT
   85 PRINT "COORDONNEES DU CDG:"
   90 PRINT
   95 PRINT TAB 10;"XG=";
  100 INPUT XG
  105 PRINT XG
  110 PRINT
  115 PRINT TAB 10;"YG=";
  120 INPUT YG
  125 PRINT YG
  130 FOR I=1 TO N
  140 CLS
  145 PRINT "SURFACE NUMERO:";I
  150 PRINT
  155 PRINT "ABSCISSE DE G";I;":"
;
  160 INPUT X(I)
  165 PRINT X(I)
  170 PRINT
  175 PRINT "ORDONNEE DE G";I;":"
;
  180 INPUT Y(I)
  185 PRINT Y(I)
  187 PRINT
  190 PRINT "AIRE:";TAB 7;"[illegible]
:";TAB 15;"1-DISQUE"
  195 PRINT
  210 PRINT TAB 15;"2-RECTANGLE"
  215 INPUT C1
  220 IF C1=1 THEN GOTO 285
  225 IF C1=2 THEN GOTO 330
  235 IF C1<>1 OR C1<>2 THEN GOTO
  215
  285 CLS
  290 PRINT "DIAMETRE DU DISQUE D
:";
  295 INPUT D
  300 PRINT D
  310 LET U(I)=PI*D**4/64+PI*D**2
/4*(YG-Y(I))*(YG-Y(I))
  315 LET V(I)=PI*D**4/64+PI*D**2
/4*(XG-X(I))*(XG-X(I))
  320 GOSUB 600
  325 GOTO 550
  330 CLS
  335 PRINT "LARGEUR DU RECTANGLE
 B:";
  340 INPUT B
  345 PRINT B
  350 PRINT
  355 PRINT "HAUTEUR DU RECTANGLE
 H:";
  360 INPUT H
  365 PRINT H
```

```
 375 LET U(I)=B*H**3/12+B*H*(YG-
Y(I))*(YG-Y(I))
 380 LET V(I)=H*B**3/12+B*H*(XG-
X(I))*(XG-X(I))
 385 GOSUB 600
 550 LET IGX=IGX+U(I)
 555 LET IGY=IGY+V(I)
 560 PRINT
 565 PRINT "IGX DE LA SURFACE:";
ABS U(I)
 570 PRINT
 575 PRINT "IGY DE LA SURFACE:";
ABS V(I)
 580 PRINT AT 21,0;"POUR CONTINU
ER ENTRER 0"
 582 INPUT K
 585 NEXT I
 590 CLS
 592 PRINT AT 10,10;"IGX=";IGX
 594 PRINT AT 12,10;"IGY=";IGY
 599 STOP
 600 PRINT
 605 PRINT "4-MOMENT QUADRA. A A
JOUTER ?"
 610 PRINT
 615 PRINT "5-MOMENT QUADRA. A R
ETRANCHER ?"
 620 INPUT C2
 625 IF C2=4 THEN RETURN
 630 IF C2=5 THEN LET U(I)=-U(I)
 635 IF C2=4 THEN RETURN
 640 IF C2=5 THEN LET V(I)=-V(I)
 645 RETURN
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 35 : entrée de N, nombre de surfaces élémentaires.
Lignes 35 à 80 : dimensionnement des tableaux et initialisation des variables.
Lignes 80 à 125 : entrée des coordonnées du centre de gravité de la section totale.
Ligne 130 : départ de la boucle I=1 à N.
Lignes 140 à 187 : entrée des coordonnées du C.D.G de chaque surface élémentaire : X(I), Y(I).
Ligne 190 : choix du type de surface élémentaire.
Lignes 210 à 285 : entrée du choix (variable C1).
Lignes 290 à 315 : pour chaque disque élémentaire : entrée du diamètre, calcul du moment quadratique IX et IY.
Lignes 335 à 380 : pour chaque rectangle élémentaire : entrée des dimensions B et H. Calcul des moments quadratiques IX et IY.
Lignes 550 à 555 : somme des moments quadratiques IX et IY.
Lignes 565 à 575 : affichage des résultats intermédiaires.
Lignes 600 à 645 : sous-programme affectant un signe à chaque surface élémentaire.

EXEMPLE D'UTILISATION



L'exemple du programme précédent a été volontairement repris.

La décomposition est la même que précédemment, mais on pourra facilement vérifier que les résultats sont identiques avec une décomposition différente !

Signalons d'ailleurs : le travail par soustraction de surfaces donne généralement des solutions rapides (rectangle 100.60 - rectangle 90.50).

RESULTATS ET COPIE D'ECRAN

```
        *MOMENT QUADRATIQUE*
COMBIEN Y-A-T"IL DE SURFACES
ELEMENTAIRES ?:2
COORDONNEES DU CDG:
           XG=15
           YG=35
SURFACE NUMERO:1
ABSCISSE DE G1:30
ORDONNEE DE G1:5
AIRE:  NATURE: 1-DISQUE
                2-RECTANGLE

LARGEUR DU RECTANGLE B:60
HAUTEUR DU RECTANGLE H:10
1-MOMENT QUADRA. A AJOUTER ?
2-MOMENT QUADRA. A RETRANCHER ?
IGX DE LA SURFACE:545000
IGY DE LA SURFACE:315000
SURFACE NUMERO:2
ABSCISSE DE G2:5
ORDONNEE DE G2:55
AIRE:  NATURE: 1-DISQUE
                2-RECTANGLE


LARGEUR DU RECTANGLE B:10
HAUTEUR DU RECTANGLE H:90
1-MOMENT QUADRA. A AJOUTER ?
2-MOMENT QUADRA. A RETRANCHER ?
IGX DE LA SURFACE:967500
IGY DE LA SURFACE:97500

          IGX=1512500
          IGY=412500
```

LES DIFFÉRENTS ENGRENAGES

Caractéristiques

Cette série comporte cinq programmes :

"E.C.D.D."	: engrenages cylindriques à denture droite.
"E.C.D.H."	: engrenages cylindriques à denture helicoïdale.
"E.C.D.H.A.C."	: engrenages cylindriques à denture hélicoïdale à entr'axe connu.
"E.CO.D.D."	: engrenages coniques à denture droite.
"E.R.V.S.F."	: engrenages roue et vis sans fin.

A partir des données de base de tout calcul (module, nombre de dents, angle d'hélice,...), ils vous permettent de connaître toutes les caractéristiques des roues ou vis employées dans vos études de construction.

Seules les dentures coniques hélicoïdales et spirales n'ont pas été étudiées, leurs calculs étant évités dans les projets courants d'une classe de terminale.

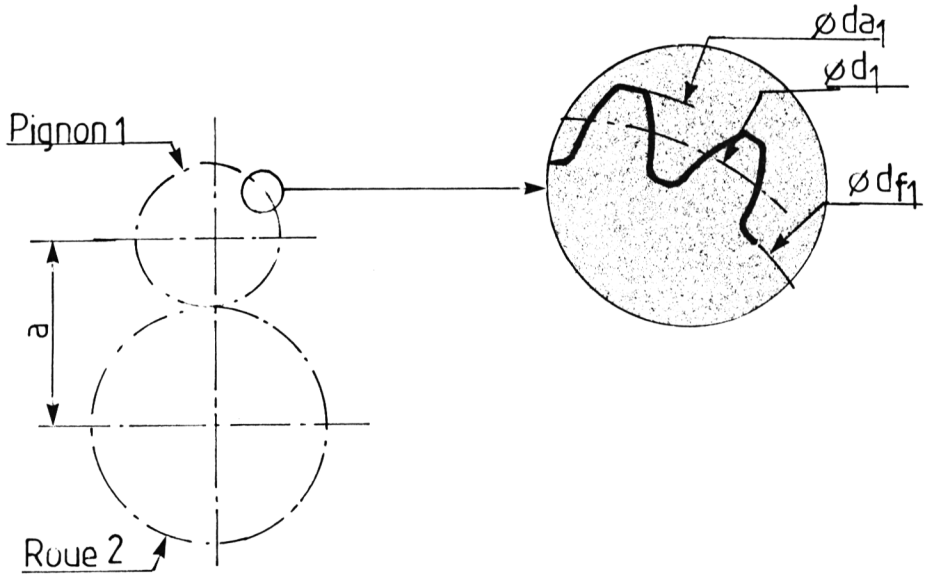
Ces programmes, présentés de façon indépendante, pour bien en comprendre la structure, méritent d'être chaînés si vous souhaitez en exploiter toutes les possibilités en projet de calcul de construction.

De type conversationnel, ils sont simples d'emploi et évitent les recherches fastidieuses de formules ! Aucune valeur sortie n'est arrondie et nous vous laissons apprécier vous-même les décimales nécessaires à vos besoins.

E.C.D.D.

Engrenage cylindrique à denture droite

RAPPEL DES CARACTERISTIQUES



Contact extérieur

Nombre de dents Z_1 et Z_2

Module m

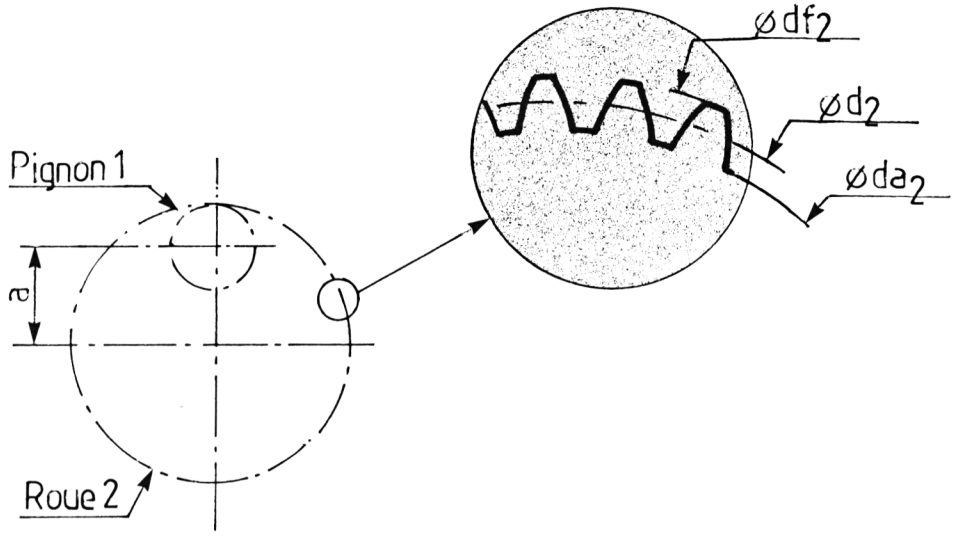
Ø primitif : $d_1 = mZ_1$

Ø de tête : $da_1 = d_1 + 2m$

Ø de pied : $df_1 = d_1 - 2{,}5m$

Entr'axe a : $(d_1 + d_2)/2$

Relations vérifiées aussi pour la roue.



Contact intérieur

Caractéristiques maintenues pour le pignon, pour la roue :

Ø de tête : $da_2 = d_2 - 2m$

Ø de pied : $df_2 = d_2 + 2{,}5m$

Entr'axe a : $(d_2 - d_1)/2$

Le **programme "E.C.D.D."** traite deux cas distincts de calculs :

- engrenages cylindriques à denture droite à **contact extérieur** ;
- engrenages cylindriques à denture droite à **contact intérieur.**

Les données d'entrées sont, mis à part le choix initial du contact, le module et les nombres de dents Z1 et Z2.

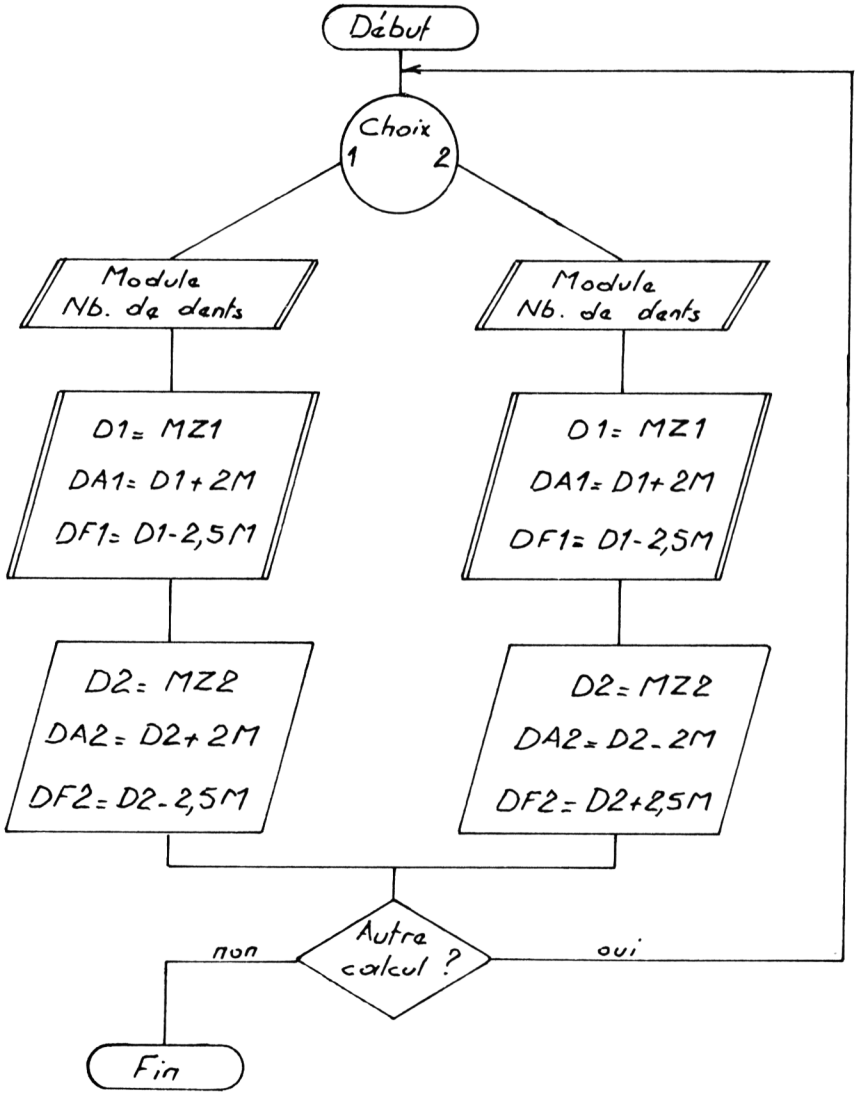
Pour les deux cas possibles, et comme l'indique la copie d'écran, les valeurs calculées sont :

- diamètre primitif D
- diamètre de tête DA
- diamètre de pied DF

} pour chaque roue

- entr'axe A

ORGANIGRAMME



PROGRAMME

```
    5 REM "E.C.D.D"
   10 CLS
   15 PRINT "ENGRENAGE CYLINDRIQU
E A DENTURE"
   20 PRINT
   25 PRINT TAB 13;"DROITE"
   30 PRINT AT 6,8;"TYPE DE CONTA
CT:"
   35 PRINT
   40 PRINT TAB 8;"1-EXTERIEUR"
   45 PRINT
   50 PRINT TAB 8;"2-INTERIEUR"
   55 LET A$="ENG.CYL.A DENTURE D
ROITE A"
   60 INPUT C
   65 IF C=1 THEN GOTO 80
   70 IF C=2 THEN GOTO 120
   75 IF C<>1 OR C<>2 THEN GOTO 6
0
   80 CLS
   85 PRINT TAB 3;A$
   90 PRINT TAB 8;"CONTACT EXTERI
EUR"
   95 GOSUB 500
  100 GOSUB 600
  105 IF C=1 THEN GOTO 700
  110 IF C=2 THEN GOTO 800
  115 GOTO 200
  120 CLS
  125 PRINT TAB 3;A$
  130 PRINT TAB 8;"CONTACT INTERI
EUR"
  135 GOTO 95
  200 PRINT "Y-A-T""IL ENCORE UN
CALCUL?"
  205 PRINT TAB 5;"1-OUI";TAB 15;
"2-NON"
  210 INPUT N
  215 IF N=1 THEN GOTO 10
  220 IF N>=2 THEN CLS
  225 STOP
  500 PRINT "MODULE:";
  505 INPUT M
  510 PRINT M
  515 PRINT "NBRE DE DENTS Z1:";
  520 INPUT Z1
  525 PRINT Z1
  530 PRINT "NBRE DE DENTS Z2:";
  535 INPUT Z2
  540 PRINT Z2
  545 RETURN
  600 PRINT
  605 PRINT "D1=M*Z1=";M*Z1
  610 PRINT
  615 PRINT "DA1=D1+2*M=";M*(Z1+2
)
  620 PRINT
  625 PRINT "DF1=D1-2,5*M=";M*(Z1
-2.5)
  630 RETURN
  700 PRINT
  705 PRINT "D2=M*Z2=";M*Z2
  710 PRINT
  715 PRINT "DA2=D2+2*M=";M*(Z2+2
)
  720 PRINT
  725 PRINT "DF2=D2-2,5*M=";M*(Z2
-2.5)
```

```
 730 PRINT
 735 PRINT "A=(D1+D2)/2=";M*(Z1+
Z2)/2
 740 PRINT
 745 GOTO 200
 800 PRINT
 805 PRINT "D2=M*Z2=";M*Z2
 810 PRINT
 815 PRINT "DA2=D2-2*M=";M*(Z2-2
)
 820 PRINT
 825 PRINT "DF2=D2+2,5*M=";M*(Z2
+2.5)
 830 PRINT
 835 PRINT "A=(D2-D1)/2=";M*(Z2-
Z1)/2
 840 PRINT
 845 GOTO 200
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 75 : affichage du menu et choix du type de contact (variable C).

Lignes 500 à 545 : entrées du module M ; des nombres de dents Z1, Z2.

Lignes 600 à 630 : calcul commun aux deux cas des :
diamètres primitifs
diamètres de tête } du pignon
diamètres de pied

Lignes 700 à 745 : calcul des caractéristiques de la roue en contact extérieur.

Lignes 800 à 845 : calcul des caractéristiques de la roue en contact intérieur.

COPIE D'ECRAN

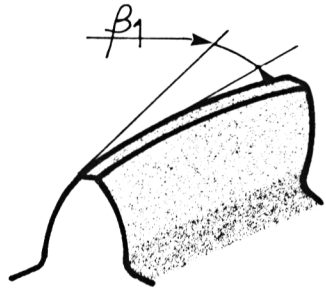
```
      ENG.CYL.A DENTURE DROITE A
           CONTACT EXTERIEUR

MODULE:2
NBRE DE DENTS Z1:30
NBRE DE DENTS Z2:60

D1=M*Z1=60

DA1=D1+2*M=64

DF1=D1-2,5*M=55

D2=M*Z2=120

DA2=D2+2*M=124

DF2=D2-2,5*M=115

A=(D1+D2)/2=90

Y-A-T"IL ENCORE UN CALCUL?
      1-OUI      2-NON
```

```
    ENG.CYL.A DENTURE DROITE A
        CONTACT INTERIEUR
MODULE:2
NBRE DE DENTS Z1:30
NBRE DE DENTS Z2:60

D1=M*Z1=60

DA1=D1+2*M=64

DF1=D1-2,5*M=55

D2=M*Z2=120

DA2=D2-2*M=116

DF2=D2+2,5*M=125

A=(D2-D1)/2=30

Y-A-T"IL ENCORE UN CALCUL?
      1-OUI      2-NON
```

E.C.D.H.

Engrenage cylindrique à denture hélicoïdale

RAPPEL DES CARACTERISTIQUES



Données

Nombre de dents Z_1 et Z_2

Module réel m_n

Angle d'hélice pour la roue et le pignon β2, β1

On démontre pour le pignon les relations suivantes :

Module apparent $m_{t1} = \frac{m_n}{\cos\beta 1}$

Ø primitif $d_1 = m_{t1}\ Z_1$

Ø de tête $da_1 = d_1 + 2m_n$

Ø de pied $df_1 = d_1 - 2{,}5m_n$

Ces relations sont également vérifiées pour la roue avec l'indice 2.

On rappelle que pour l'engrenage à axes paralièles :

$\beta 1 = \beta 2$

que pour l'engrenage à axes orthogonaux :

$\beta 2 = 90 - \beta 1$

Analogue au précédent, le **programme "E.C.D.H."** ne traite que le cas des contacts extérieurs.

Par contre, il convient parfaitement aux calculs des engrenages gauches dont, nous le rappelons, la somme des angles d'hélice vaut 90°.

Les données d'entrées sont les suivantes :

- module réel : **MN** ;
- angles d'hélice en degrés, minutes, secondes ;
- nombre de dents.

Les résultats affichés successivement pour le pignon et la roue sont :

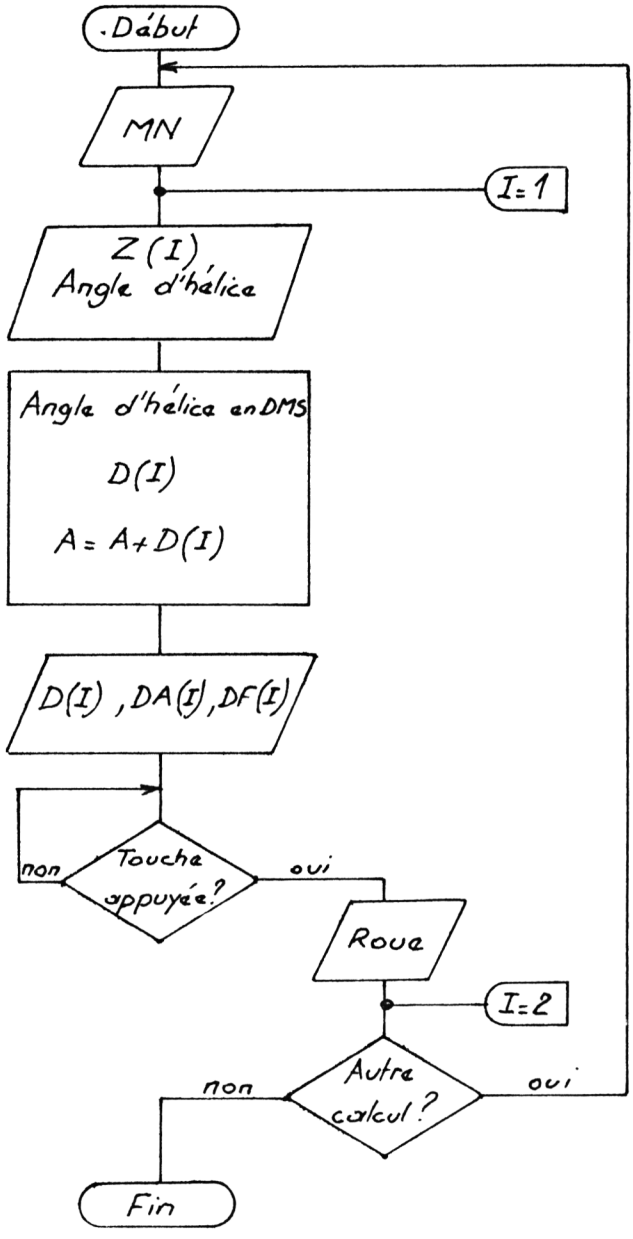
- module apparent : **MT** ;
- diamètre primitif : **D** ;
- diamètre de tête : **DA** ;
- diamètre de pied : **DF**.

Un exemple de calcul vous est proposé ; les données sont les suivantes :

- Z1=3Ø ;
- Z2=6Ø ;
- MN=2 ;
- angle d'hélice B= 30° 45' 30".

La copie d'écran vous donne les résultats calculés.

ORGANIGRAMME



PROGRAMME

```
    5 REM "E.C.D.H"
   10 CLS
   15 PRINT "ENGRENAGE CYLINDRIQU
E A DENTURE"
   25 PRINT TAB 11;"HELICOIDALE"
   30 PRINT
   35 PRINT "MODULE REEL MN:";
   40 INPUT MN
   45 PRINT MN
   55 LET A$="ANGLE D""HELICE B"
   60 LET D$="DEGRE(S):"
   65 LET M$="MINUTE(S):"
   70 LET S$="SECONDE(S):"
   75 LET A=0
   80 PRINT
   85 PRINT "[illegible]:"
   90 FOR I=1 TO 2
  100 PRINT "NBRE DE DENTS Z";I;"
:";
  105 INPUT Z
  110 PRINT Z
  115 PRINT A$;I
  120 PRINT TAB 9;D$;
  125 INPUT D
  130 PRINT D
  135 PRINT TAB 8;M$;
  140 INPUT M
  145 PRINT M
  150 PRINT TAB 7;S$;
  155 INPUT S
  160 PRINT S
  165 PRINT
  175 LET B=D+M/60+S/3600
  180 LET MT=MN/COS (B*PI/180)
  185 PRINT "MODULE APPARENT MT";
I;":"
  190 PRINT "MT";I;"=MN/COS B";I;
"=";MT
  195 PRINT
  200 LET D=MT*Z
  205 LET A=A+D
  210 PRINT "D";I;"=MT";I;"*Z";I;
"=";D
  215 PRINT
  220 PRINT "DA";I;"=D";I;"+2*MN=
";D+2*MN
  222 PRINT
  225 PRINT "DF";I;"=D";I;"-2,5*M
N=";D-2.5*MN
  227 IF I=2 THEN GOTO 255
  228 PRINT
  230 PRINT "PRESSEZ UNE TOUCHE P
OUR CONT."
  235 IF INKEY$="" THEN GOTO 235
  240 CLS
  245 PRINT "[illegible]:"
  250 NEXT I
  255 PRINT
  260 PRINT "A=(D1+D2)/2=";A/2
  265 PRINT
  270 PRINT "Y-A-T""IL ENCORE UN
CALCUL?"
  275 PRINT TAB 5;"[illegible]-OUI";TAB 15;
"[illegible]-NON"
  280 INPUT C
  285 IF C=1 THEN GOTO 10
  290 IF C>=2 THEN CLS
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 45 : entrée du module réel MN.
Lignes 50 à 80 : définition en chaînes du texte.
Lignes 100 à 160 : entrées de Z et de B.
Lignes 160 à 195 : conversion de B en degrés décimaux ; calcul du module apparent ; affichage de MT.
Lignes 200 à 215 : calcul et affichage de D(I), DA(I), DF(I) du pignon et de la roue.

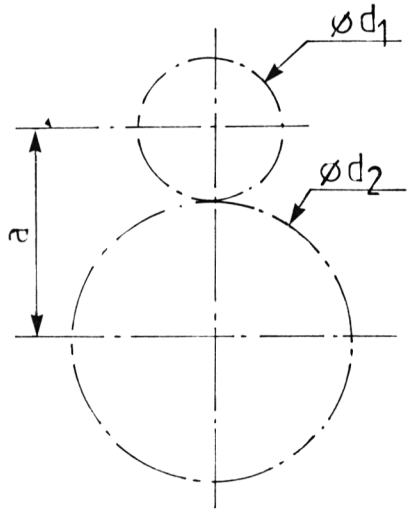
COPIE D'ECRAN

```
ENGRENAGE CYLINDRIQUE A DENTURE
          HELICOIDALE

MODULE REEL MN:2

PIGNON:
NBRE DE DENTS Z1:30
ANGLE D"HELICE B1
      DEGRE(S):30
     MINUTE(S):45
    SECONDE(S):30

MODULE APPARENT MT1:
MT1=MN/COS B1=2.3273891

D1=MT1*Z1=69.821672

DA1=D1+2*MN=73.821672

DF1=D1-2,5*MN=64.821672

PRESSEZ UNE TOUCHE POUR CONT.


ROUE:
NBRE DE DENTS Z2:60
ANGLE D"HELICE B2
      DEGRE(S):30
     MINUTE(S):45
    SECONDE(S):30

MODULE APPARENT MT2:
MT2=MN/COS B2=2.3273891

D2=MT2*Z2=139.64335

DA2=D2+2*MN=143.64335

DF2=D2-2,5*MN=134.64335

A=(D1+D2)/2=104.73251

Y-A-T"IL ENCORE UN CALCUL?
     1-OUI      2-NON
```

E.C.D.H.A.C.

Engrenage cylindrique à denture hélicoïdale à entr'axe connu

RAPPEL DES CARACTERISTIQUES



Données

Nombre de dents : Z_1 et Z_2

Module réel : m_n

Entr'axe : a

Rappel

$$a = \frac{m_n}{\cos \beta} (Z_1 + Z_2)$$

d'où $\beta = \arccos \left(\frac{m_n}{2a} (Z_1 + Z_2)\right)$.

En ayant vérifié au préalable que $\cos\beta < 1$, les relations du chapitre précédent permettent le calcul des caractéristiques de l'engrenage.

Le programme "E.C.D.H.A.C." permet le calcul des caractéristiques d'un engrenage cylindrique à denture hélicoïdale connaissant l'entr'axe.

A l'exécution, il vous demande d'entrer :

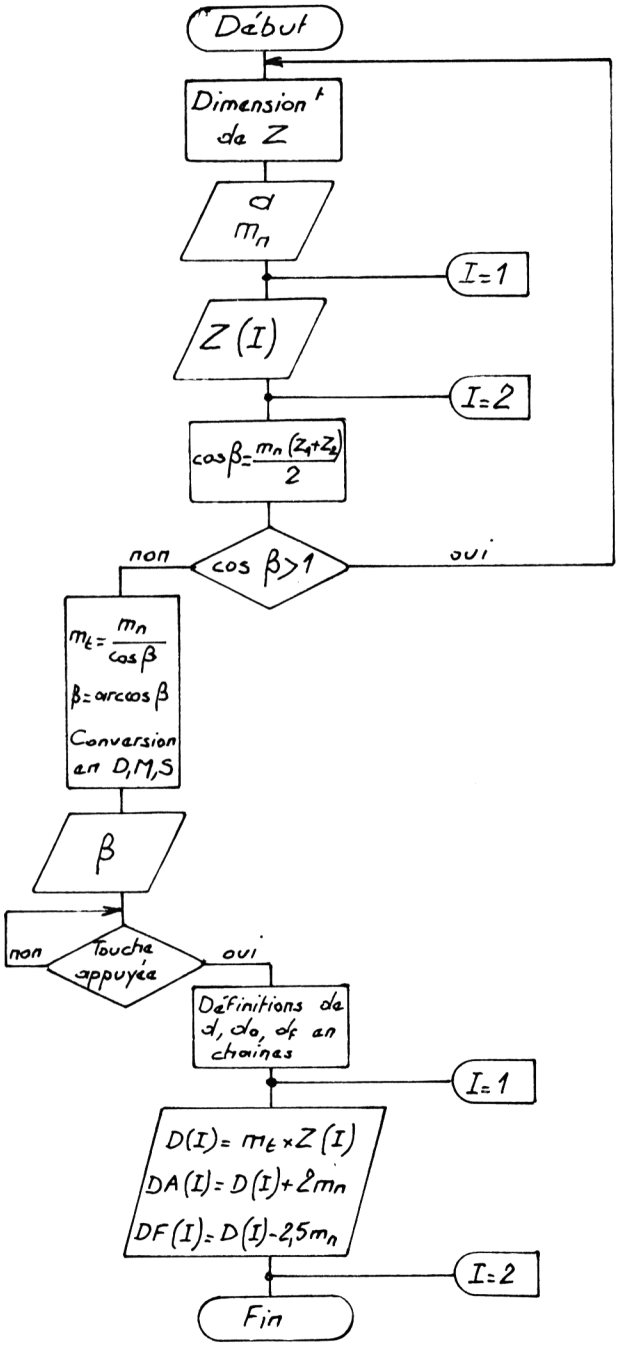
- l'entr'axe A ;
- le module réel MN. ;
- les nombres de dents Z1 et Z2.

Les résultats de calcul sont les suivants :

- Angle d'hélice en degrés, minutes, secondes.
- Pour chaque roue :
  - diamètre primitif ;
  - diamètre de tête ;
  - diamètre de pied.

Nota : en cas d'incompatibilité de données d'entrées, le programme vous renvoie au départ.

ORGANIGRAMME



PROGRAMME

```
    1 REM "ECDHAC"
    5 PRINT "ENGRENAGE CYLINDRIQU
E A DENTURE"
    6 PRINT TAB 1;"HELICOIDALE A
AXES PARALLELES"
    7 PRINT TAB 8;"-ENTR""AXE CON
NU-"
   10 DIM Z(2)
   15 PRINT
   20 PRINT "ENTRER LES VALEURS S
UIVANTES :"
   25 PRINT
   30 PRINT "ENTR""AXE A :";
   35 INPUT A
   40 PRINT A
   45 PRINT "MODULE REEL MN :";
   50 INPUT MN
   55 PRINT MN
   60 FOR I=1 TO 2
   65 PRINT "NBRE DE DENTS Z";I;"
:";
   70 INPUT Z(I)
   75 PRINT Z(I)
   77 NEXT I
   80 PRINT
   85 LET CB=MN*(Z(1)+Z(2))/2/A
   87 IF CB>1 THEN GOTO 230
   90 LET MT=MN/CB
   95 LET B=ACS CB
  100 LET D=B*180/PI
  105 LET X=D-INT D
  110 LET M=60*X
  115 LET Y=M-INT M
  120 LET S=60*Y
  125 PRINT "ANGLE D""HELICE :";I
NT D;" DEGRES"
  130 PRINT
  135 PRINT TAB 16;INT M;" MINUTE
(S)"
  140 PRINT
  145 PRINT TAB 16;INT S;" SECOND
E(S)"
  155 PRINT AT 20,0;"PRESSER UNE
TOUCHE POUR CONT."
  160 IF INKEY$="" THEN GOTO 160
  165 CLS
  170 PRINT "MT=MN/COS B=";MT
  175 LET D$="MT*Z(I)"
  180 LET A$="MT*Z(I)+2*MN"
  185 LET F$="MT*Z(I)-2,5*MN"
  190 FOR I=1 TO 2
  192 PRINT
  196 PRINT "D";I;"=MT*Z";I;"=";V
AL D$
  200 PRINT
  205 PRINT "DA";I;"=D";I;"+2*MN=
";VAL A$
  210 PRINT
  215 PRINT "DF";I;"=D";I;"-2,5*M
N=";VAL F$
  220 NEXT I
  225 STOP
  230 PRINT "REVOYEZ VOS ENTREES"
  235 PAUSE 100
  240 CLS
  245 RUN
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 1 à 77 : entrée des données : A, MN, Z1, Z2.
Lignes 80 à 120 : calcul de l'angle en degrés, minutes, secondes.
Lignes 125 à 160 : affichage de l'angle en degrés, minutes, secondes.
Lignes 170 à 225 : affichage des caractéristiques de chaque roue.
Lignes 230 à 245 : message d'erreur.

RESULTATS ET COPIE D'ECRAN

```
ENGRENAGE CYLINDRIQUE A DENTURE
 HELICOIDALE A AXES PARALLELES
        -ENTR"AXE CONNU-

ENTRER LES VALEURS SUIVANTES :

ENTR"AXE A :90
MODULE REEL MN :2
NBRE DE DENTS Z1 :20
NBRE DE DENTS Z2 :45

ANGLE D"HELICE :43 DEGRES
                45 MINUTE(S)
                42 SECONDE(S)


PRESSER UNE TOUCHE POUR CONT.
MT=MN/COS B=2.7692308
D1=MT*Z1=55.384615
DA1=D1+2*MN=59.384615
DF1=D1-2,5*MN=50.384615
D2=MT*Z2=124.61538
DA2=D2+2*MN=128.61539
DF2=D2-2,5*MN=119.61538
```

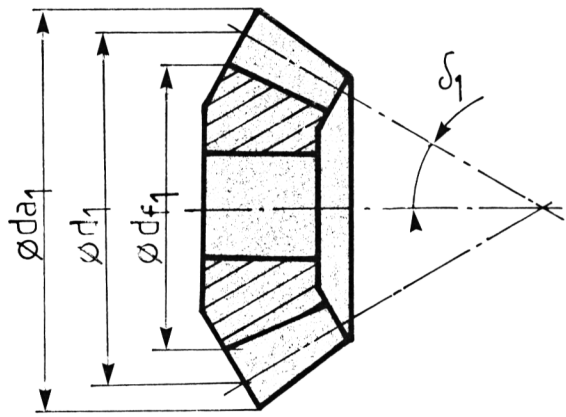
E.CO.D.D.

Engrenage conique à denture droite à axes orthogonaux

RAPPEL DES CARACTERISTIQUES

Données

Module : m
Nombre de dents : Z_1 et Z_2



On démontre les relations suivantes :

$$\delta_1 = \text{arc tg } \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$d_1 = m\ Z_1$$

$$da_1 = d_1 + 2\ m\ \cos\delta_1$$

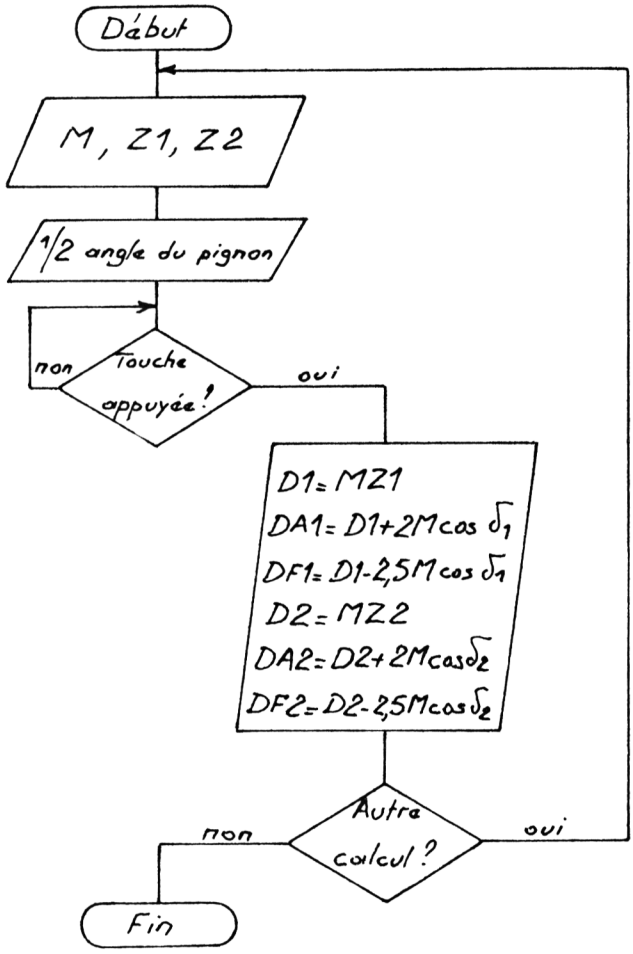
$$df_1 = d_1 - 2{,}5\ m\ \cos\delta_1$$

Ces relations sont également vérifiées pour la roue avec l'indice 2.

Le principe d'utilisation du **programme "E.CO.D.D."** est tout à fait comparable au précédent. Nous renvoyons donc le lecteur aux explications qui sont déjà données.

Un exemple de calcul ainsi qu'une copie d'écran vous sont également fournis.

ORGANIGRAMME



PROGRAMME

```
  5 REM "E.CO.D.D"
 10 CLS
 15 PRINT TAB 2;"ENGRENAGE CONI
QUE A DENTURE"
 20 PRINT TAB 12;"DROITE"
 25 PRINT
 30 PRINT "MODULE:";
 35 INPUT M
 40 PRINT M
 45 PRINT "NBRE DE DENTS Z1:";
 50 INPUT Z1
 55 PRINT Z1
 60 PRINT "NBRE DE DENTS Z2:";
 65 INPUT Z2
 70 PRINT Z2
 75 LET TC1=Z1/Z2
 80 LET C1=ATN TC1
 85 LET W=COS C1
 90 LET X=SIN C1
 95 LET A1=C1*180/PI
100 LET Y=A1-INT (A1)
105 LET M1=60*Y
110 LET Z=M1-INT (M1)
115 LET S1=60*Z
120 PRINT
125 PRINT "1/2 ANGLE DU CONE DU
PIGNON A1:"
127 PRINT
130 PRINT INT (A1);" DEGRE(S)"
135 PRINT
140 PRINT INT (M1);" MINUTE(S)"
145 PRINT
150 PRINT INT (S1);" SECONDE(S)
"
155 PRINT
160 PRINT "PRESSEZ UNE TOUCHE P
OUR CONT."
165 IF INKEY$="" THEN GOTO 165
170 CLS
175 PRINT "D1=M*Z1=";M*Z1
180 PRINT
185 PRINT "DA1=D1+2*M*COS A1=";
M*(Z1+2*W)
190 PRINT
195 PRINT "DF1=D1-2,5*M*COS A1=
";M*(Z1-2.5*W)
200 PRINT
205 PRINT "D2=M*Z2=";M*Z2
210 PRINT
215 PRINT "DA2=D2+2*M*COS A2=";
M*(Z2+2*X)
220 PRINT
230 PRINT "DF2=D2-2,5*M*COS A2=
";M*(Z2-2.5*X)
235 PRINT
240 PRINT "Y-A-T""IL ENCORE UN
CALCUL?"
245 PRINT TAB 5;"1-OUI";TAB 15;
"0-NON"
250 INPUT C
255 IF C=1 THEN GOTO 10
260 IF C>=2 THEN CLS
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 70 : entrées du module et des nombres de dents des engrenages coniques.
Lignes 75 à 115 : calcul du demi-angle au sommet du cône primitif du pignon en : degrés (A1), minutes (M1), secondes (S1).
Lignes 120 à 150 : affichage de : A1, M1, S1.
Lignes 175 à 200 : calcul et affichage des caractéristiques du pignon : diamètre primitif D1, diamètre de tête DA1, diamètre de pied DF1.
Lignes 210 à 235 : calcul et affichage des caractéristiques de la roue : D2, DA2, DF2.

EXEMPLE D'UTILISATION ET COPIE D'ECRAN

```
   ENGRENAGE CONIQUE A DENTURE
             DROITE

MODULE:4.5
NBRE DE DENTS Z1:11
NBRE DE DENTS Z2:33

1/2 ANGLE DU CONE DU PIGNON A1:

18 DEGRE(S)

26 MINUTE(S)

5 SECONDE(S)

PRESSEZ UNE TOUCHE POUR CONT.



D1=M*Z1=49.5

DA1=D1+2*M*COS A1=58.03815

DF1=D1-2,5*M*COS A1=38.827313

D2=M*Z2=148.5

DA2=D2+2*M*COS A2=151.34605

DF2=D2-2,5*M*COS A2=144.94244

Y-A-T"IL ENCORE UN CALCUL?
      1-OUI      2-NON
```

E.R.V.S.F.

Engrenage à roue et vis sans fin

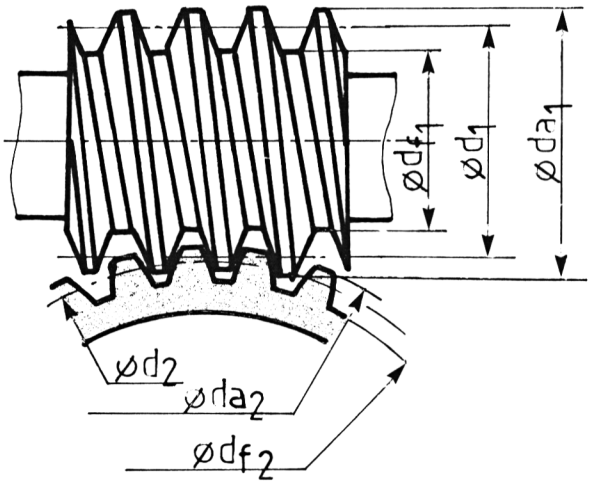
RAPPEL DES CARACTERISTIQUES

Données

Module réel m_n - angle d'hélice β

Nombre de filets de la vis n

Nombre de dents de la roue Z_2



On démontre les relations suivantes :

$$\text{Module axial } m_x = \frac{m_n}{\cos\beta}$$

$$\varnothing\, d_1 = \frac{n.m_n}{\sin\beta}$$

$$\varnothing\, da_1 = d_1 + 2.m_n$$

$\emptyset\ df_1 = d_1 - 2{,}5.m_n$

$\emptyset\ d_2 = m_x.Z_2$

$\emptyset\ da_2 = d_2 + 2.m_n$

$\emptyset\ df_2 = d_2 - 2{,}5.m_n$

Entr'axe $a = (d_1 + d_2)/2$

Dernier de la série "calcul d'engrenages", le **programme "E.R.V.S.F."** est lui aussi structuré comme les précédents.

Les entrées sont :

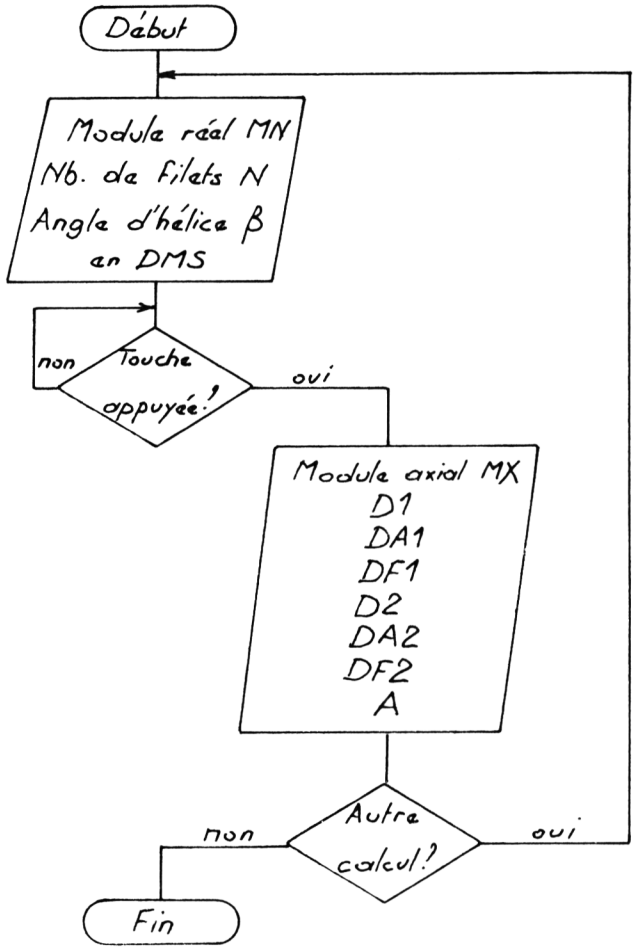
- module réel MN
- nombre de filets N
- nombre de dents Z
- angle d'hélice B

Les sorties sont, comme l'indique la copie d'écran qui traite un exemple :

- module axial MX
- diamètre primitif D
- diamètre de tête DA
- diamètre de pied DF
- entr'axe A

} pour la roue et la vis

ORGANIGRAMME



PROGRAMME

```
  5 REM "E.R.U.S.F"
 10 CLS
 15 PRINT TAB 12;"ENGRENAGE"
 20 PRINT TAB 5;"A ROUE ET VIS
SANS FIN"
 25 PRINT
 30 PRINT "MODULE REEL MN:";
 35 INPUT MN
 40 PRINT MN
 45 PRINT
 50 PRINT "NBRE DE FILET(S) N:"

 55 INPUT N
 60 PRINT N
 65 PRINT
 66 PRINT "NBRE DE DENTS Z2:";
 67 INPUT Z2
 68 PRINT Z2
 69 PRINT
 70 PRINT "ANGLE D""HELICE B1:"
 75 PRINT
 80 PRINT TAB 9;"DEGRE(S):";
 85 INPUT D
 90 PRINT D
 95 PRINT
100 PRINT TAB 8;"MINUTE(S):";
105 INPUT M
110 PRINT M
115 PRINT
120 PRINT TAB 7;"SECONDE(S):";
125 INPUT S
130 PRINT S
135 LET B1=D+M/60+S/3600
140 LET MX=MN/COS (B1*PI/180)
145 PRINT
150 PRINT "PRESSEZ UNE TOUCHE P
OUR CONT."
155 IF INKEY$="" THEN GOTO 155
160 CLS
165 PRINT "MODULE AXIAL MX:";MX
170 PRINT
175 LET D1=N*MN/SIN (B1*PI/180)
180 PRINT "D1=N*MN/SIN B1=";D1
185 PRINT
190 PRINT "DA1=D1+2*MN=";D1+2*M
N
195 PRINT
200 PRINT "DF1=D1-2,5*MN=";D1-2
,5*MN
205 PRINT
210 LET D2=MX*Z2
215 PRINT "D2=MX*Z2=";D2
220 PRINT
225 PRINT "DA2=D2+2*MN=";D2+2*M
N
230 PRINT
235 PRINT "DF2=D2-2,5*MN=";D2-2
,5*MN
240 PRINT
245 PRINT "A=(D1+D2)/2=";(D1+D2
)/2
250 PRINT
255 PRINT "Y-A-T""IL ENCORE UN
CALCUL?"
260 PRINT TAB 5;"■-OUI";TAB 15;
"■-NON"
265 INPUT C
270 IF C=1 THEN GOTO 10
275 IF C>=2 THEN CLS
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 130 : entrées de MN, N, Z2, B1 en degrés, minutes, secondes.
Lignes 135 à 145 : conversion de B en degrés décimaux, calcul du module axial.
Lignes 150 à 160 : test d'attente par reconnaissance d'une touche appuyée.
Lignes 165 à 200 : calcul des caractéristiques de la vis : D1, DA1, DF1
Lignes 210 à 250 : calcul des caractéristiques de la roue : D2, DA2, DF2 calcul de l'entr'axe A.

EXEMPLE D'UTILISATION ET COPIE D'ECRAN

```
                ENGRENAGE
        A ROUE ET VIS SANS FIN
MODULE REEL MN:1.75
NBRE DE FILET(S) N:2
NBRE DE DENTS Z2:60
ANGLE D''HELICE B1:
          DEGRE(S):8
         MINUTE(S):0
        SECONDE(S):0
PRESSEZ UNE TOUCHE POUR CONT.


MODULE AXIAL MX:1.7671983
D1=N*MN/SIN B1=25.148538
DA1=D1+2*MN=28.648538
DF1=D1-2,5*MN=20.773538
D2=MX*Z2=106.0319
DA2=D2+2*MN=109.5319
DF2=D2-2,5*MN=101.6569
A=(D1+D2)/2=65.590217
Y-A-T''IL ENCORE UN CALCUL?
      1-OUI      2-NON
```

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX - 1

Notes communes aux programmes RDM1, RDM2, RDM3

Les notations utilisées en résistance des matériaux faisant appel à certaines lettres de l'alphabet grec, celles-ci ne figurent pas dans les programmes.

Ces trois programmes tracent dès le départ un tableau qui contient les variables propres à chaque sollicitation.

Voici les notations employées dans chacun d'eux.

Notations Mécaniques	*Correspondances Informatiques*	*Variables de calcul*
σ	C	C dans "RDM1"
τ	C	C dans "RDM2"
τ	TAU	T dans "RDM3"
ΔL	LL	LL dans "RDM1"
θ	TETA	AUT dans "RDM3"
α	ALPHA	AD ou AR dans "RDM3"

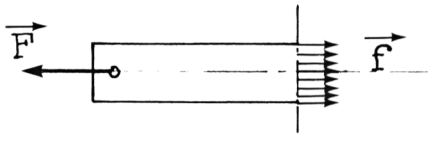
RDM1

Traction simple

RAPPEL DES CARACTERISTIQUES

Une poutre est sollicitée en traction simple lorsqu'elle est soumise à deux forces égales et directement opposées tendant à l'allonger.

Si, par la pensée nous effectuons une coupe selon une section droite d'abscisse quelconque, l'un des tronçons obtenus isolé est soumis aux actions suivantes :



D'un côté, la force extérieure $\vec{F}$ initialement appliquée ; de l'autre, un système de forces élémentaires $\vec{f}$ appliquées sur les éléments de surface ΔS (somme des ΔS = S totale).

Le module de ces forces élémentaires $\vec{f}$ est tel que :

$$f = \sigma . \Delta S$$

équation dans laquelle σ (lire sigma) est la contrainte normale supportée par la fibre.

L'équation d'équilibre du tronçon, projetée sur x'x s'écrit :

$$- F + \Sigma \sigma . \Delta S = 0$$

de laquelle on tire :

$$\boxed{\sigma = F / S}$$

Calcul de l'allongement ΔL total de la poutre

On démontre que $\sigma = \Delta L/L \cdot E$ où $\Delta L/L$ représente l'allongement unitaire, et où E est une constante dépendant de la nature du matériau; (E : module d'élasticité longitudinale vaut environ 200 000 N/mm² pour l'acier).

La combinaison des équations précédentes permet de trouver la relation liant F, S, L et E :

$$\Delta L = F.L/S.E$$

Vous serez surpris par le **programme "RDM1"**, long certes à entrer manuellement, mais ô combien efficace en exécution.

Un tableau vous propose d'entrer ce que l'énoncé du problème de traction vous donne.

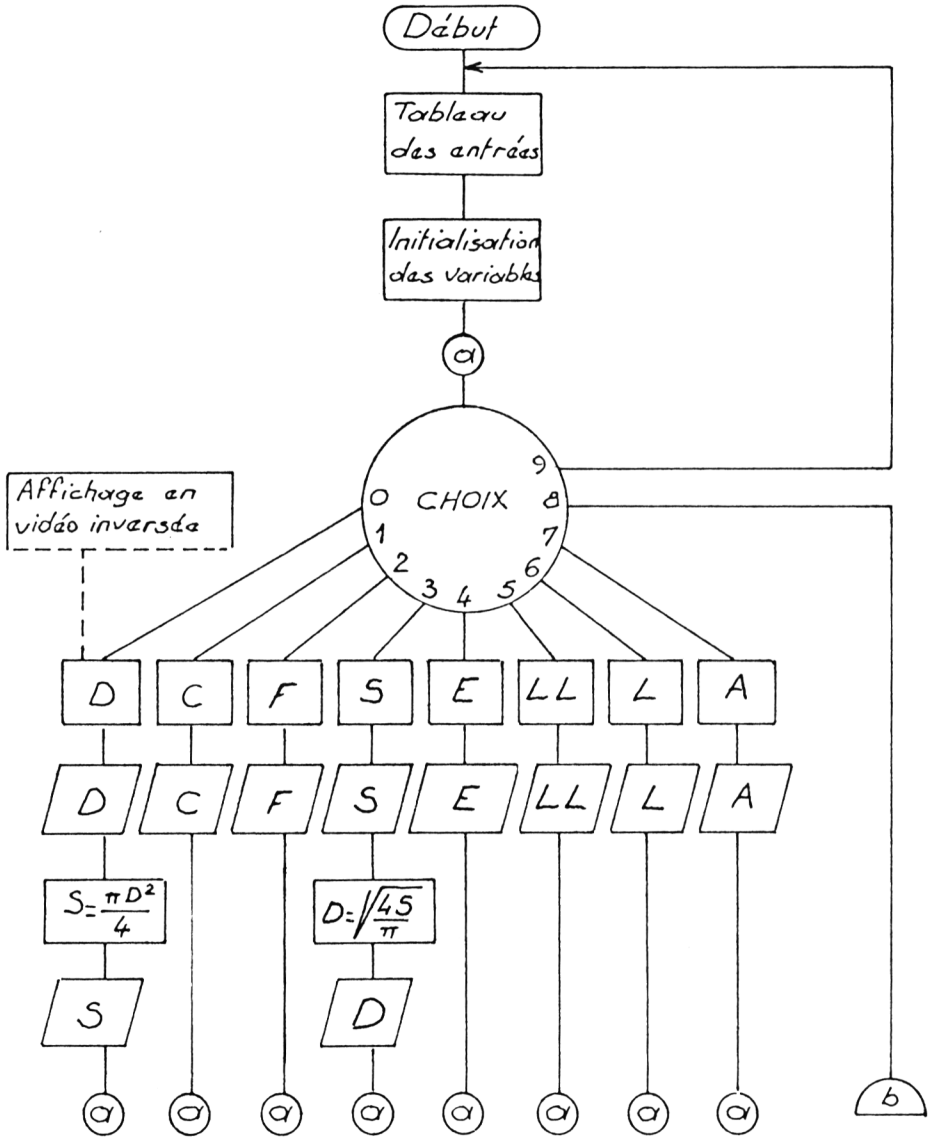
Huit entrées sont possibles ; dès que vous estimez suffisant le nombre d'entrées, l'appel au menu de la rubrique "FIN DE DONNEES" vous laisse quelques secondes avant de voir apparaître les résultats des calculs.

En effet, l'ordinateur va pour vous tester toutes les formules possibles dans tous leurs sens possibles. Il calculera systématiquement tout ce qu'il peut calculer et affichera les valeurs au fur et à mesure.

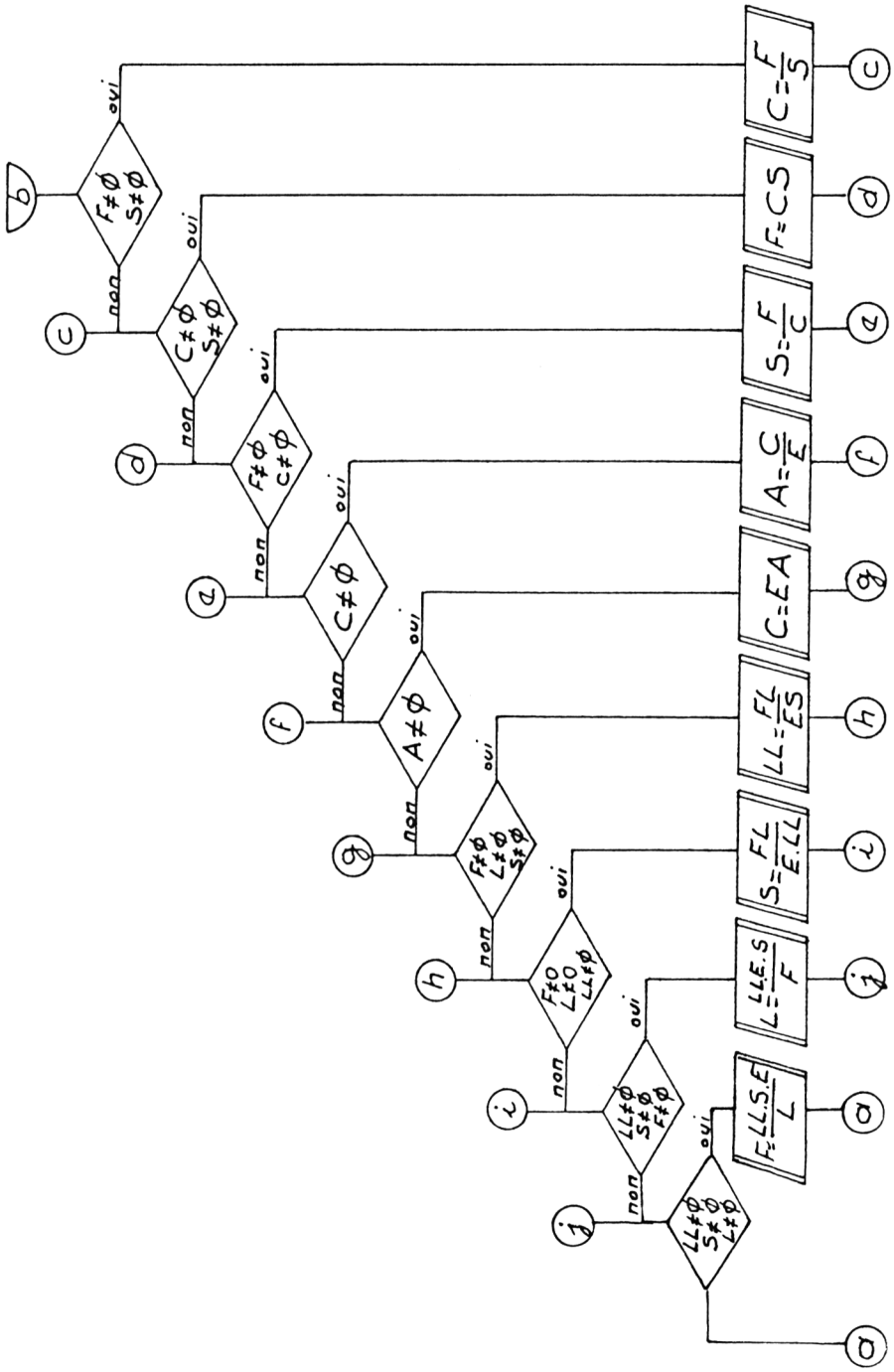
Toutes les modifications sont faisables, dès que le curseur mobile revient à la position "CHOIX DES ENTREES".

Aucun exercice classique de traction ne peut lui échapper ; à vous de jouer !

ORGANIGRAMME



(suite organigramme)



PROGRAMME

```
  95 REM "RDM1"
 100 PRINT AT 1,5;"[illegible]
[illegible]SESSION"
 105 PRINT AT 4,8;"0...D=?"
 110 PRINT AT 5,8;"1...C=?"
 120 PRINT AT 6,8;"2...F=?"
 130 PRINT AT 7,8;"3...S=?"
 140 PRINT AT 8,8;"4...E=200000"
 150 PRINT AT 9,8;"5..LL=?"
 160 PRINT AT 10,8;"6...L=?"
 170 PRINT AT 11,8;"7...A=?"
 172 PRINT AT 12,8;"8...FIN DE D
ONNEES"
 174 PRINT AT 13,8;"9...FIN DE P
B"
 176 PRINT AT 15,8;"[illegible]
[illegible]"
 180 LET C=0
 181 LET F=0
 182 LET S=0
 183 LET E=200000
 184 LET LL=0
 185 LET L=0
 186 LET A=0
 187 LET I=15
 220 PRINT AT I+4,6;" ";AT 15,6;
"■"
 221 INPUT I
 222 IF I>9 THEN GOTO 220
 223 IF I=9 THEN RUN 50
 224 PRINT AT 15,6;" "
 225 PRINT AT I+4,6;"■"
 230 IF I=I THEN GOTO 300+10*I
 300 PRINT AT 4,12;"■"
 302 INPUT D
 304 PRINT AT 4,14;D;"          "
 306 LET S=D*D*PI/4
 308 PRINT AT 7,14;S;"          "
 309 GOTO 220
 310 PRINT AT 5,12;"■"
 312 INPUT C
 314 PRINT AT 5,14;C;"          "
 316 GOTO 220
 320 PRINT AT 6,12;"■"
 322 INPUT F
 324 PRINT AT 6,14;F;"          "
 326 GOTO 220
 330 PRINT AT 7,12;"■"
 332 INPUT S
 334 PRINT AT 7,14;S;"          "
 335 LET D=SQR (4*S/PI)
 336 PRINT AT 4,14;D;"          "
 339 GOTO 220
 340 PRINT AT 8,12;"■"
 342 INPUT E
 344 PRINT AT 8,14;E;"          "
 346 GOTO 220
 350 PRINT AT 9,11;"■■"
 352 INPUT LL
 354 PRINT AT 9,14;LL;"          "
 356 GOTO 220
```

```
 360 PRINT AT 10,12;"■"
 362 INPUT L
 364 PRINT AT 10,14;L;"          "
 366 GOTO 220
 370 PRINT AT 11,12;"■"
 372 INPUT A
 374 PRINT AT 11,14;A;"          "
 376 GOTO 220
 380 IF F<>0 AND S<>0 THEN GOSUB
 500
 390 IF C<>0 AND S<>0 THEN GOSUB
 510
 400 IF F<>0 AND C<>0 THEN GOSUB
 520
 410 IF C<>0 THEN GOSUB 530
 420 IF A<>0 THEN GOSUB 540
 430 IF F<>0 AND L<>0 AND S<>0 T
HEN GOSUB 550
 440 IF F<>0 AND L<>0 AND LL<>0
THEN GOSUB 560
 450 IF LL<>0 AND S<>0 AND F<>0
THEN GOSUB 570
 460 IF LL<>0 AND S<>0 AND L<>0
THEN GOSUB 580
 490 GOTO 220
 500 LET C=F/S
 502 PRINT AT 5,14;C;"          "
 509 RETURN
 510 LET F=C*S
 512 PRINT AT 6,14;F;"          "
 519 RETURN
 520 LET S=F/C
 522 PRINT AT 7,14;S;"          "
 523 LET D=SQR (4*S/PI)
 524 PRINT AT 4,14;D;"          "
 529 RETURN
 530 LET A=C/E
 532 PRINT AT 11,14;A;"          "
 539 RETURN
 540 LET C=E*A
 542 PRINT AT 5,14;C;"          "
 544 IF L<>0 THEN LET LL=A*L
 545 IF L<>0 THEN PRINT AT 9,14;
LL
 549 RETURN
 550 LET LL=F*L/(S*E)
 552 PRINT AT 9,14;LL;"          "
 559 RETURN
 560 LET S=F*L/(E*LL)
 562 PRINT AT 7,14;S;"          "
 564 PRINT AT 4,14;SQR (4*S/PI);
"          "
 569 RETURN
 570 LET L=LL*S*E/F
 572 PRINT AT 10,14;L;"          "
 579 RETURN
 580 LET F=LL*S*E/L
 582 PRINT AT 6,14;F
 589 RETURN
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 95 à 176 : affichage du tableau.
Lignes 176 à 188 : initialisation des variables.
Lignes 220 à 376 : choix de l'entrée et affichage du curseur devant la ligne.
Lignes 380 à 460 : test des variables entrées et appel du sous-programme qui correspond.
Lignes 490 à 496 : retour du curseur.
Lignes 500 à 589 : sous-programmes de résolutions.

EXEMPLE D'UTILISATION

Exercice proposé

Un tirant de 10 m de longueur est soumis en traction à un effort de 3000 N. Il est réalisé dans un rond de section de 50 mm². Calculer la contrainte normale subie. Calculer l'allongement total.

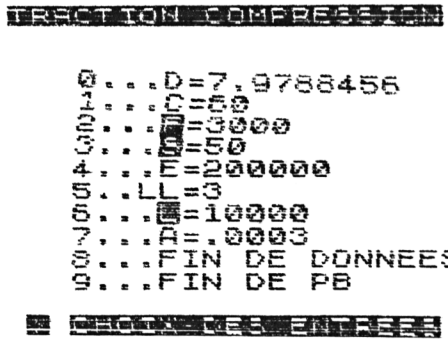
Méthode

Entrée de F par appel de la ligne 2 ; entrée de S par appel de la ligne 3 ; entrée de L par appel de la ligne 6. Appel de la ligne 8 et résultats.

Données

F=3ØØØ N ; S=5Ø mm² ; L=1Øm.

COPIE D'ECRAN



NOTES D'UTILISATION

Quelques essais vous seront sûrement nécessaires avant d'exploiter au mieux les possibilités de ce programme. Tout d'abord, notez que la position du curseur est importante ; elle vous indique à la fois ce que vous devez faire et ce que l'ordinateur fait pour vous. Toute disparition du curseur traduit une période de calcul pendant laquelle vous ne devez rien faire et surtout pas un BREAK !

La position "CHOIX DES ENTREES" vous invite d'abord à choisir par un numéro compris entre 1 et 7 la nature de l'entrée. Le curseur se place alors devant la ligne choisie et attend la valeur qui est affectée à cette variable. Celle-ci est alors affichée en vidéo-inversée.

La ligne 8 ordonne à l'ordinateur de calculer. Le retour du curseur indique la fin du calcul et vous invite à un nouveau choix ou éventuellement une fin de problème si les résultats suffisent.

Notez qu'il est possible que tous les résultats escomptés ne soient pas affichés ; renvoyez alors le curseur à la ligne 8 ; cette dernière opération peut se faire autant que vous le désirez. Mais si les entrées ne sont pas compatibles entre elles, les calculs seront évidemment faux !

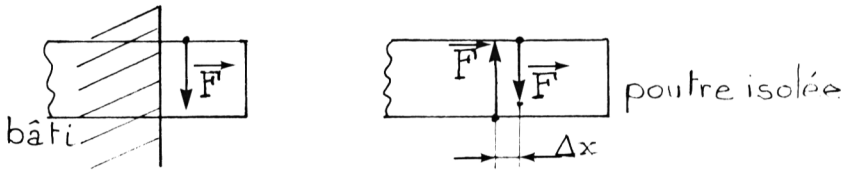
Les résultats obtenus ne seront justes que si les entrées sont justes également ; l'ordinateur, lui, ne se trompe pas !...

RDM 2

Cisaillement simple

RAPPEL DES CARACTERISTIQUES

Une poutre est sollicitée en cisaillement simple lorsqu'elle est soumise à deux forces égales et directement opposées ; ces forces sont appliquées dans deux plans tangents ou séparés d'une distance Δx très faible de façon à négliger toute sollicitation supplémentaire de flexion.



Les fibres cisaillées sont soumises à une contrainte tangentielle τ (lire tau) contenue dans le plan de section cisaillée.

L'expression qui lie τ, F et S s'écrit :

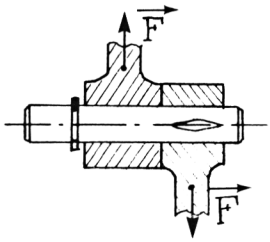
$$\tau = F/S$$

Déformations

Le calcul des déformations en cisaillement n'offrant que peu d'intérêt pratique (celles-ci sont faibles), nous ignorerons ce problème.

Cisaillement dans deux cas particuliers courants

Articulation en porte à faux : une section cisaillée



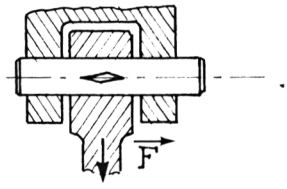
Nous calculons le diamètre de l'axe pour qu'il résiste en toute sécurité.

Soit C la contrainte de calcul.

On peut écrire : $F/S \leqslant C$ avec $S = \pi D^2/4$.

On en tire : $D \geqslant (4.F/C.\pi)^{1/2}$

Articulation en chape : deux sections cisaillées.



Soit C la contrainte de calcul.

On peut écrire : $F/2.S \leqslant C$.

On en tire : $\boxed{D \geqslant (2.F/C.\pi)^{1/2}}$

Dans le cas d'articulation multiple : N sections cisaillées.

Nous établirons de la même façon : $D \geqslant (4.F/N.C.\pi)^{1/2}$

A l'exécution du **programme "RMD2"** apparaît un tableau de six lignes.

```
Ø ..... D=?  diamètre de la pièce cisaillée si celle-ci est circulaire.
1.NB.DE.S=?  nombre de sections cisaillées.
2.S.TOT. =?  section totale cisaillée.
3 ..... F=?  force de cisaillement.
4 ..... C=?  contrainte de calcul ou contrainte calculée.
5 FIN DE DONNEES.
6 FIN DE PB.
```

Nous vous conseillons d'employer les unités traditionnelles : Newton et mm, mais il est possible d'en changer ; veiller, dans ce cas, à interpréter les résultats dans les unités choisies.

Méthode de travail

Le curseur, positionné au départ sur "CHOIX DE DONNEES", se place devant la ligne choisie et attend la valeur de l'entrée désirée. Renouvelez alors l'opération autant que nécessaire.

L'appel de la ligne 6 entraîne le calcul avec les valeurs affectées aux variables choisies.

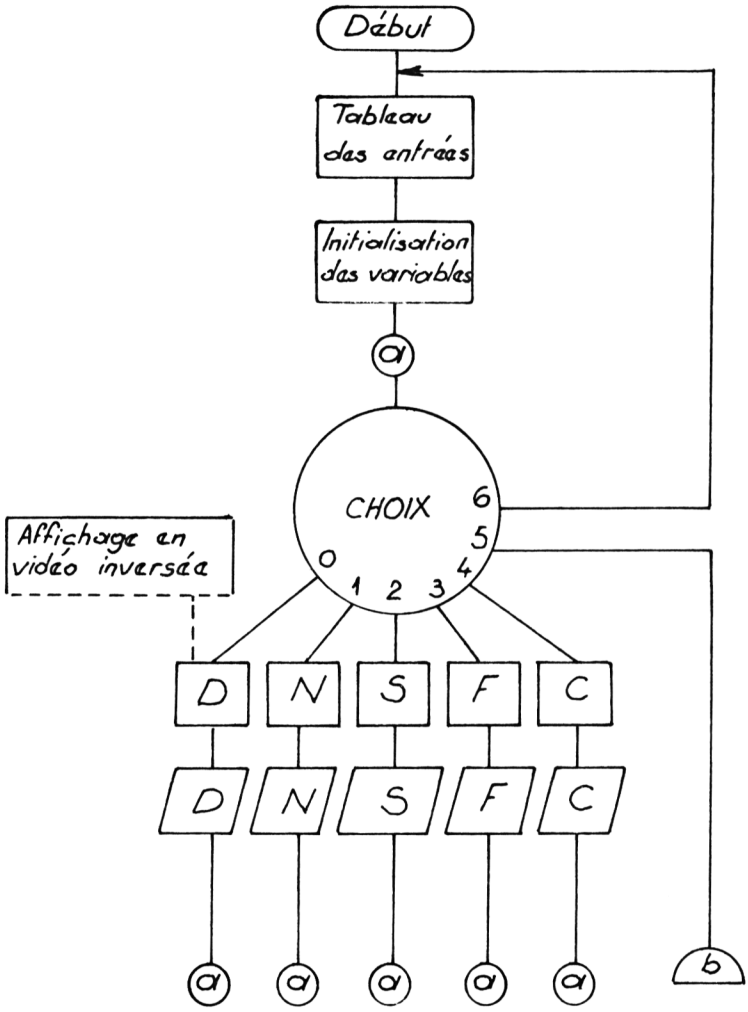
Les modifications de ces valeurs d'entrées sont possibles, mais faites attention aux compatibilités entre celles-ci ! Les calculs sont en effet opérés dans un ordre prédéterminé qui ne peut être changé qu'en modifiant le programme.

Il est donc prudent, après chaque question, de réinitialiser les variables en appelant le menu principal à chaque question. Cette perte de temps apparente compense largement les doutes dans un résultat obtenu !

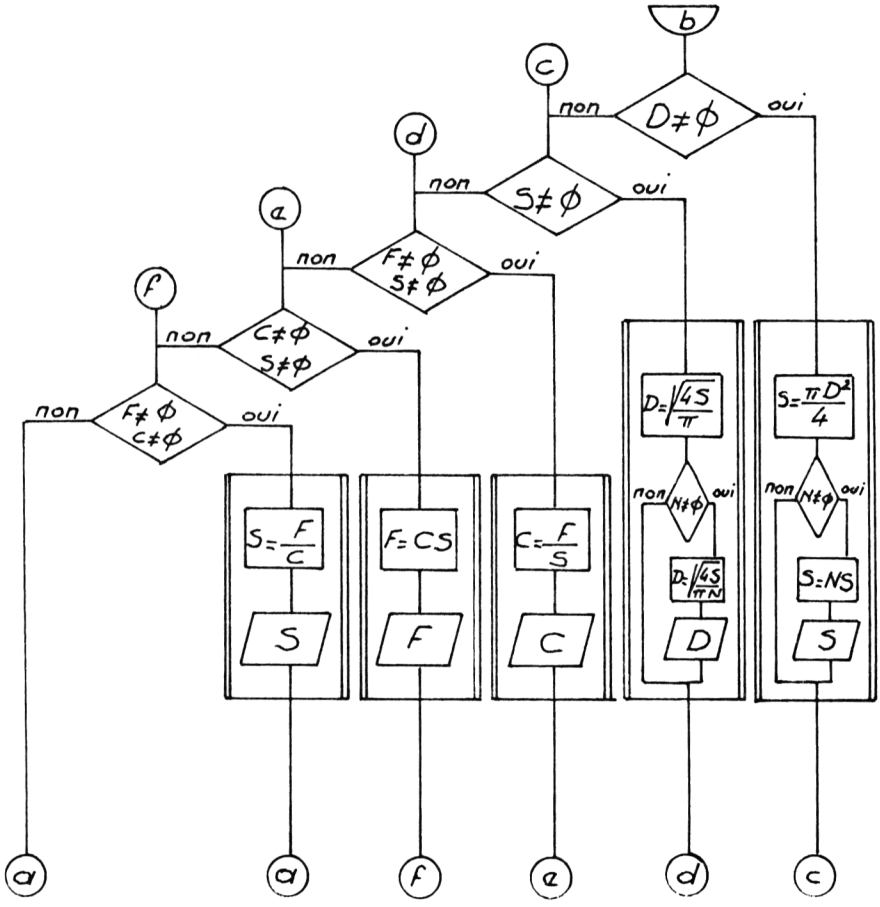
NOTE DESTINEE AUX PROGRAMMEURS AVERTIS

Afin de ne pas alourdir le programme, les tests effectués de la ligne 36Ø à la ligne 88Ø ont été volontairement limités. Pour augmenter la puissance de calcul, vous pouvez en ajouter à l'exemple du programme suivant.

ORGANIGRAMME



(suite organigramme)



PROGRAMME

```
 695 REM "RDM2"
 700 PRINT AT 1,5;"[illegible]"
 710 PRINT AT 4,8;"0.......D=?"
 720 PRINT AT 5,8;"1.NB.DE.S=?"
 730 PRINT AT 6,8;"2.S.TOT..=?"
 740 PRINT AT 7,8;"3.......F=?"
 750 PRINT AT 8,8;"4.......C=?"
 760 LET D=0
 762 LET N=0
 764 LET S=0
 766 LET F=0
 768 LET C=0
 769 LET I=0
 770 PRINT AT 9,8;"5 FIN DE DONN
EES"
 775 PRINT AT 10,8;"6 FIN DE PB"
 780 PRINT AT 12,8;"[illegible]
[illegible]"
 790 PRINT AT I+4,6;" ";AT 12,6;
"■"
 791 INPUT I
 792 IF I=6 THEN RUN 50
 793 PRINT AT 12,6;" "
 794 PRINT AT I+4,6;"■"
 795 IF I>6 THEN GOTO 790
 800 IF I=I THEN GOTO 810+10*I
 810 PRINT AT 4,16;"■"
 812 INPUT D
 814 PRINT AT 4,18;D;"          "
 819 GOTO 790
 820 PRINT AT 5,16;"■"
 822 INPUT N
 824 PRINT AT 5,18;N;"          "
 829 GOTO 790
 830 PRINT AT 6,16;"■"
 832 INPUT S
 834 PRINT AT 6,18;S;"          "
 839 GOTO 790
 840 PRINT AT 7,16;"■"
 842 INPUT F
 844 PRINT AT 7,18;F;"          "
 849 GOTO 790
 850 PRINT AT 8,16;"■"
 852 INPUT C
 854 PRINT AT 8,18;C;"          "
 869 GOTO 790
 860 IF D<>0 THEN GOSUB 900
 865 IF S<>0 THEN GOSUB 910
 870 IF F<>0 AND S<>0 THEN GOSUB
 920
 875 IF C<>0 AND S<>0 THEN GOSUB
 930
 880 IF F<>0 AND C<>0 THEN GOSUB
 940
 890 GOTO 790
 900 LET S=D*D*PI/4
 902 IF N<>0 THEN LET S=S*N
 904 PRINT AT 6,18;S;"          "
 906 RETURN
 910 LET D=SQR (4*S/PI)
 912 IF N<>0 THEN LET D=SQR ((S/
N)*4/PI)
```

```
914 PRINT AT 4,18;D;"          "
916 RETURN
920 LET C=F/S
922 PRINT AT 8,18;C;"          "
928 RETURN
930 LET F=C*S
932 PRINT AT 7,18;F;"          "
938 RETURN
940 LET S=F/C
942 PRINT AT 6,18;S;"          "
944 IF D<>0 THEN LET N=S*4/(D*D
*PI)
946 PRINT AT 5,18;N;"          "
948 RETURN
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Ne soyez pas surpris que la numérotation de ce programme commence à la ligne 7ØØ ! Cela vous permet le chaînage avec le précédent très facilement.

Lignes 700 à 750 : tracé du tableau d'entrées.
Lignes 760 à 769 : initialisation des variables.
Lignes 770 à 790 : fin du tableau et affichage du curseur.
Lignes 791 à 859 : choix des entrées ; affichage en vidéo inversée de la variable concernée et entrée de sa valeur.
Lignes 860 à 880 : test à zéro des variables permettant de détecter les valeurs entrées et départ vers le sous-programme correspondant.
Lignes 900 à 906 : calcul de section.
Lignes 910 à 916 : calcul de diamètre.
Lignes 920 à 928 : calcul de contrainte.
Lignes 930 à 938 : calcul de l'effort.
Lignes 940 à 948 : calcul de la section cisaillée.

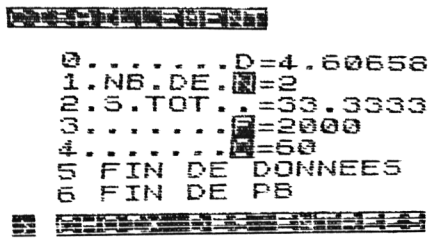
EXEMPLE D'UTILISATION

Axe de chape soumis à cisaillement.

F=2000 N.
RPG=60 N/MM2.

Nombre de sections cisaillées : 2.

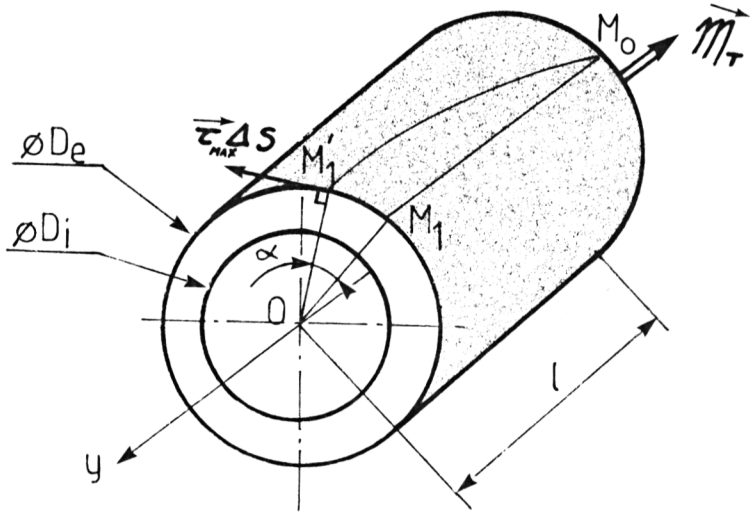
COPIE D'ECRAN



RDM 3

Torsion simple

RAPPEL DES CARACTERISTIQUES



Soit une poutre à section circulaire soumise à la torsion simple, coupée par une section droite. L'équilibre statique étant réalisé, on démontre que la contrainte tangentielle maximale se trouve à la périphérie de la poutre et donnée par :

$$\tau_{MAX} = G\theta \frac{De}{2}$$

dans laquelle :

- G est le module d'élasticité transversale fixé à 80 000 N/mm² par défaut.
- θ est l'angle unitaire de torsion. Unités possibles pour θ : rd/mm ou d°/m.
- De est le diamètre extérieur.

On démontre également que le moment de torsion M_t est donné par :

$$M_t = G\theta I_o$$

dans laquelle I_o est le moment quadratique par rapport à l'axe Oy.

Sa valeur pour un arbre creux est :

$$I_o = \frac{\pi}{32} (1 - k^4) D_e^4$$

avec k = Di/De.

Une autre relation déduite des deux précédentes permet d'écrire :

$$\tau_{MAX} = \frac{M_t}{I_o} \times \frac{De}{2}$$

Le **programme "RDM3"** permet l'application de ces relations en testant et calculant les variables inconnues.

Ce programme permet la résolution des poutres de section circulaire soumises à torsion simple.

A l'exécution apparaît un tableau :

- les **lignes 1 à 10** vous montrent les entrées et sorties des variables utilisées en torsion ;
- la **ligne 14** appelle l'exécution des calculs ;
- la **ligne 15** reprend l'exécution du programme à son origine en écrasant toutes les entrées et sorties précédentes.

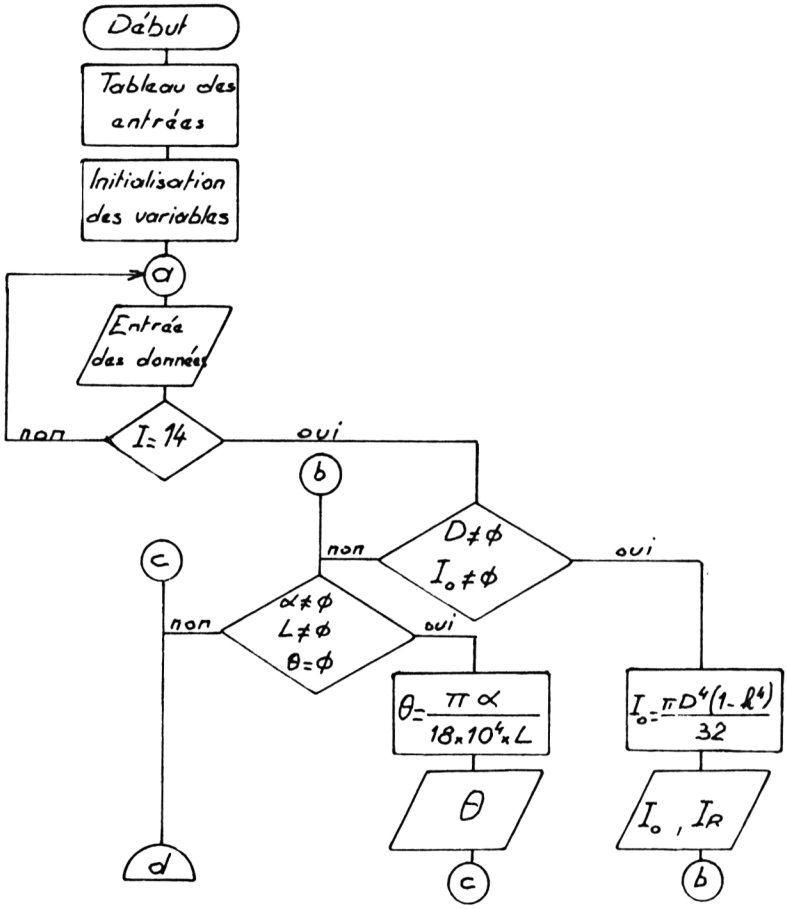
Dans ce programme, comme dans les précédents RDM1 et RDM2, la position du curseur est importante ; elle détermine la séquence d'entrée ou de calculs.

Une fois les entrées effectuées, l'appel de la ligne 14 entraîne une cascade de tests et calculs. Cette opération peut s'effectuer plusieurs fois. Deux cycles sont en général nécessaires à l'obtention des résultats espérés ; mais évitez de multiplier inutilement les appels, car ceux-ci ne vous donnent plus aucun résultat, un test évitant de recommencer plusieurs fois les mêmes calculs.

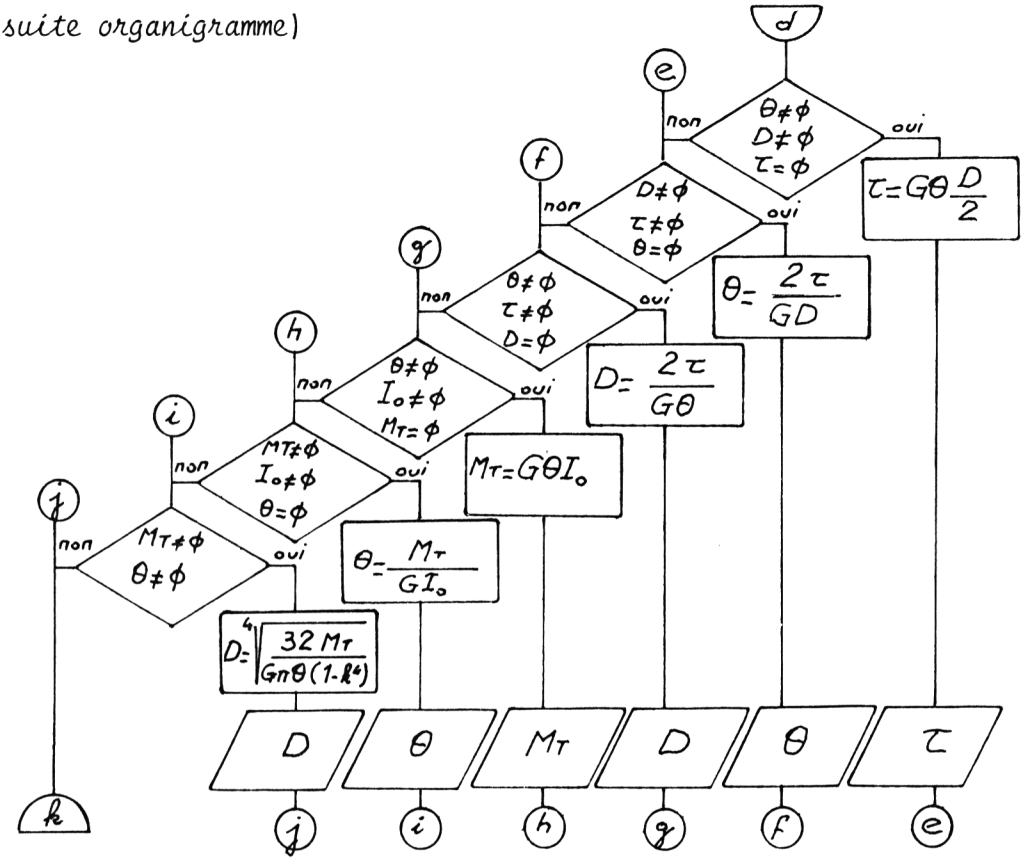
Nous vous conseillons "d'écraser" par appel de la ligne 15 les entrées effectuées avant de débuter un nouveau calcul.

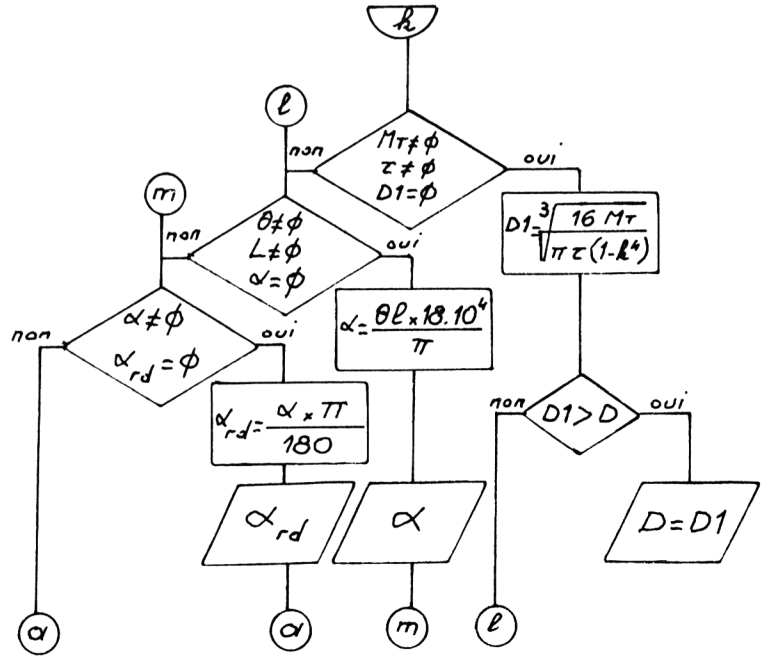
Quelques essais vous familiariseront vite avec ce programme qui est performant en regard à sa longueur.

ORGANIGRAMME



(suite organigramme)





PROGRAMME

```
    5 REM "RDM3"
    9 CLS
   10 PRINT TAB 9;"[illegible]"
   15 PRINT
   20 PRINT TAB 3;"[illegible]*TRAV EN N/MM2
="
   25 PRINT TAB 3;"[illegible]**D.EXT EN MM
="
   30 PRINT TAB 3;"[illegible]******K=DI/DE
="
   35 PRINT TAB 3;"[illegible]***MT EN MM.N
="
   40 PRINT TAB 3;"[illegible]*******P EN W
="
   45 PRINT TAB 3;"[illegible]****N EN T/MN
="
   50 PRINT TAB 3;"[illegible]****IO EN MM4
="
   55 PRINT TAB 3;"[illegible]**IO/R EN MM3
="
   60 PRINT TAB 3;"[illegible]TETA EN RD/MM
="
   62 PRINT TAB 2;"[illegible]*******L EN
M="
   65 PRINT TAB 2;"[illegible]*ALPHA EN RA
D="
   70 PRINT TAB 2;"[illegible]*ALPHA EN DE
G="
   75 PRINT TAB 2;"[illegible]***G EN N/MM
2=60000"
   85 PRINT TAB 2;"[illegible]
[illegible]"
   90 PRINT TAB 2;"[illegible]*****FIN DE
PB"
   94 PRINT
   95 PRINT
   96 PRINT TAB 1;"[illegible]
[illegible]"
  100 LET T=0
  102 LET D=0
  103 LET D1=0
  104 LET K=0
  106 LET MT=0
  108 LET P=0
  110 LET N=0
  111 LET IO=0
  112 LET L=0
  114 LET AUT=0
  115 LET AR=0
  116 LET AD=0
  118 LET G=60000
  120 LET I=0
  122 PRINT AT I+1,1;" ";AT 19,1;
"[illegible]"
  125 INPUT I
  130 IF I=15 THEN RUN
  135 IF I>15 THEN GOTO 125
  140 PRINT AT 19,1;" ";AT I+1,1;
"[illegible]"
  145 IF I=I THEN GOTO 150+10*I
  150 GOTO 280
```

```
160 INPUT T
162 PRINT AT 2,18;T;"          "
164 GOTO 122
170 INPUT D
172 PRINT AT 3,18;D;"          "
174 GOTO 122
180 INPUT K
182 PRINT AT 4,18;K;"          "
188 GOTO 122
190 INPUT MT
192 PRINT AT 5,18;MT;"          "
194 GOTO 122
200 INPUT P
202 PRINT AT 6,18;P;"          "
203 IF P*N THEN LET MT=3E4*P/PI
/N
204 IF MT THEN PRINT AT 5,18;MT
;"    "
206 GOTO 122
210 INPUT N
212 PRINT AT 7,18;N;"          "
213 IF P*N THEN LET MT=3E4*P/PI
/N
214 IF MT THEN PRINT AT 5,18;MT
;"    "
216 GOTO 122
220 INPUT IO
222 PRINT AT 8,18;IO;"          "
228 GOTO 122
230 INPUT IR
232 PRINT AT 9,16;IR;"          "
234 GOTO 122
240 INPUT AUT
242 PRINT AT 10,18;AUT;"      "
244 GOTO 122
250 INPUT L
252 PRINT AT 11,18;L;"          "
254 GOTO 122
260 INPUT AR
262 PRINT AT 12,18;AR;"       "
264 LET AD=AR*180/PI
266 PRINT AT 13,18;AD;"       "
268 GOTO 122
270 INPUT AD
272 PRINT AT 13,18;AD;"       "
274 LET AR=AD*PI/180
276 PRINT AT 12,18;AR;"       "
278 GOTO 122
280 INPUT G
282 PRINT AT 14,16;G;"          "
284 GOTO 122
```

```
 290 IF D AND NOT IO THEN LET IO
=PI*D**4*(1-K**4)/32
 292 IF D THEN PRINT AT 8,18;IO;
"
 293 IF IO AND D THEN LET IR=IO*
2/D
 294 IF IO THEN PRINT AT 9,18;IR
;"
 295 IF AD AND L AND NOT AUT THE
N LET AUT=AD*PI/180000/L
 300 IF AUT THEN PRINT AT 10,18;
AUT;"
 305 IF AUT AND D AND NOT T THEN
 LET T=G*AUT*D/2
 310 IF T THEN PRINT AT 2,18;T;"
"
 320 IF D AND T AND NOT AUT THEN
 LET AUT=2*T/G/D
 325 IF AUT THEN PRINT AT 10,18;
AUT;"
 330 IF AUT AND T AND NOT D THEN
 LET D=2*T/AUT/G
 335 IF D THEN PRINT AT 3,18;D;"
"
 340 IF AUT AND IO AND NOT MT TH
EN LET MT=G*AUT*IO
 345 IF MT THEN PRINT AT 5,18;MT
;"
 350 IF MT AND IO AND NOT AUT TH
EN LET AUT=MT/G/IO
 355 IF AUT THEN PRINT AT 10,18;
AUT;"
 360 IF MT AND AUT THEN LET D=(3
2*MT/PI/G/AUT/(1-K**4))**(1/4)
 365 IF D THEN PRINT AT 3,18;D;"
"
 370 IF MT AND T AND NOT D1 THEN
 LET D1=(16*MT/PI/T/(1-K**4))**(
1/3)
 375 IF D1>D THEN PRINT AT 3,18;
D1;"
 376 IF D1>D THEN LET D=D1
 380 IF AUT AND L AND NOT AD THE
N LET AD=AUT*L*180000/PI
 385 IF AD THEN PRINT AT 13,18;A
D;"
 390 IF AD AND NOT AR THEN LET A
R=AD*PI/180
 395 IF AR THEN PRINT AT 12,18;A
R;"
 400 GOTO 122
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 9 à 96 : création du tableau.
Lignes 100 à 120 : initialisation des variables.
Ligne 122 : effacement du curseur au retour.
Lignes 125 à 145 : test de branchement et affichage curseur.
Lignes 150 à 285 : entrées des variables, affichage des variables, effacement des résultats.
Lignes 290 à 400 : tests : si les variables ne sont pas déjà entrées et si les entrées sont suffisantes : calcul de la valeur de la variable.

EXEMPLE D'APPLICATION

Exercice proposé

Un forage d'exploration géologique est exécuté à l'aide d'un train de tubes dont les dimensions sont : Dext. = 120 mm ; Dint. = 90 mm.

La résistance pratique du métal utilisé est de 20 N/mm² . Le module d'élasticité transversal est de 80 000 N/mm² .

- Quelle est la valeur maximale du moment de torsion applicable ?
- Quelle est la déformation angulaire obtenue à la profondeur de 1000 m ?

Méthode

- Entrée de K par appel de la ligne 3	- K=0,75
- Entrée de Dext. par appel de la ligne 2	- D=120.
- Entrée de Rpg par appel de la ligne 1	- TAU=20
- Appel de la ligne 14 et résultat	- MT=4638759 mmN
- Entrée de L par appel de la ligne 10	- L=1000
- Appel de la ligne 14 et résultat	- ALPHA=238,73242

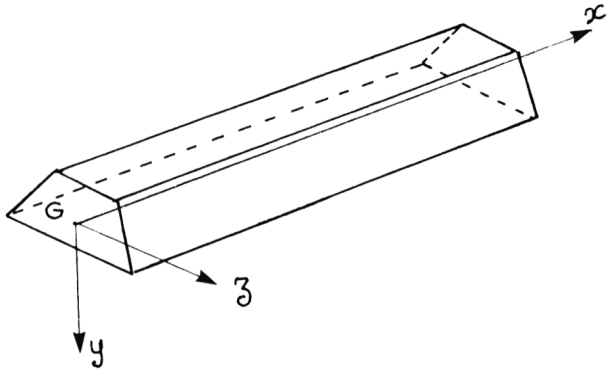
COPIE D'ECRAN

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX - 2

Flexion plane simple

RAPPEL DES CARACTERISTIQUES

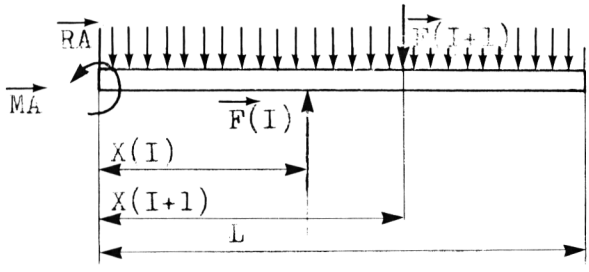
Les chapitres qui suivent traitent les problèmes de flexion plane simple.



Hypothèses

- Les poutres sont droites, de section constante et faites d'un matériau homogène et isotrope.
- Les actions appliquées sont situées dans le plan xoy.
- Les charges réparties sont uniformes et appliquées sur toute la longueur de la poutre ; elles représentent par exemple le poids propre de la poutre.

Exemple de modélisation d'une de ces poutres isolée



Deux familles de poutres sollicitées en flexion seront étudiées :

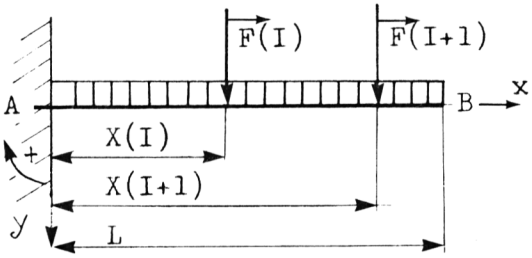
- Poutre encastrée à une extrémité.
- Poutre posée sur deux appuis simples.

Les problèmes de flexion hyperstatique ou de flexion déviée ne seront pas abordés dans ces chapitres.

RDM 4

Poutre encastrée soumise à flexion

POUTRE ENCASTREE



Charge répartie : P N/MM^2
N forces concentrées

Isolement de la poutre : éléments de réduction en A

Les équations d'équilibre permettent de trouver :

$$RA = -(\Sigma F(I) - P.L)$$
$$MA = -(\Sigma F(I).X(I) - P.L^2/2)$$

Efforts tranchants : équations et valeurs aux bornes

On rappelle que l'effort tranchant, noté T(X) est, pour une section d'abscisse X, la somme algébrique des forces situées à gauche de la section considérée.

Soit par exemple :

$$X(I) \leqslant X \leqslant X(I+1) \qquad T(X) = \overline{RA} + \overline{F}(I) + P.X$$

Soit pour:

$$X = X(I) \qquad T(X) = \overline{RA} + \overline{F}(I) + P.X(I)$$
$$X = X(I+1) \qquad T(X) = \overline{RA} + \overline{F}(I) + P.X(I+1)$$

Moments de flexion : équations et valeurs aux bornes

On rappelle que le moment de flexion, noté MF(X) est, pour une section d'abscisse X, la somme algébrique des moments par rapport à X, des forces situées à gauche de la section considérée.

Soit pour :

$X(I) \leqslant X \leqslant X(I+1)$ $\quad MF(X) = \overline{MA} - \overline{RA}.X - \overline{F}(I).X - P.X^2/2$

$X = X(I)$ $\quad MF(X) = \overline{MA} - \overline{RA}.X(I) - \overline{F}(I).X(I) - P.X(I)^2/2$

$X = X(I+1)$ $\quad MF(X) = \overline{MA} - \overline{RA}.X(I+1) - \overline{F}(I).X(I+1) - P.X(I+1)^2/2$

Graphes des efforts tranchants et moments de flexion

La représentation graphique de T(X) et MF(X) s'effectue en faisant varier X dans les intervalles compris entre deux charges concentrées.

Le **programme "RDM4"** traite le cas des poutres encastrées chargées de forces concentrées et de forces réparties uniformément sur toute la longueur.

Les calculs effectués sont :

- module de l'action d'encastrement ;
- moment d'encastrement, efforts tranchants aux points d'application des charges ;
- moments de flexion en ces mêmes points.

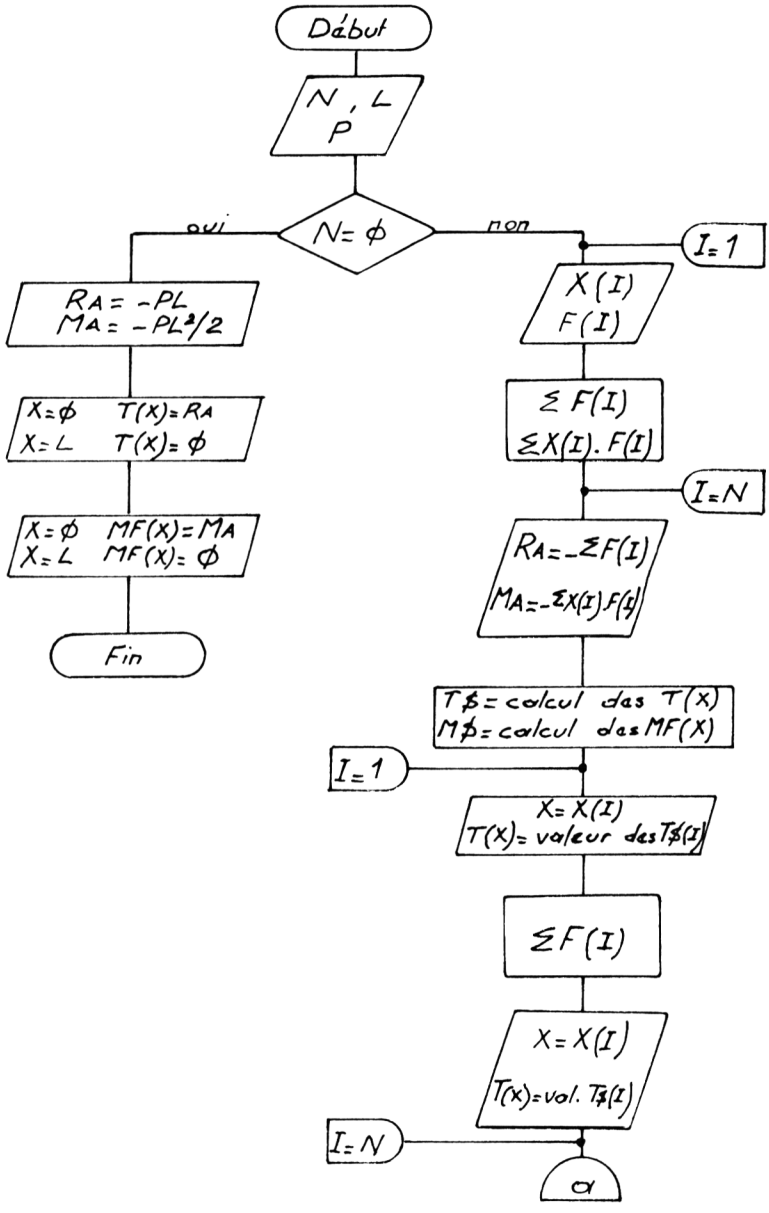
Méthode de travail

1- Entrer la longueur de la poutre.
2- Entrer le nombre de forces concentrées.
3- Entrer le coefficient de charge répartie.
4- Pour chaque force connue, par ordre croissant de leurs abscisses, entrer l'abscisse X et le module F.

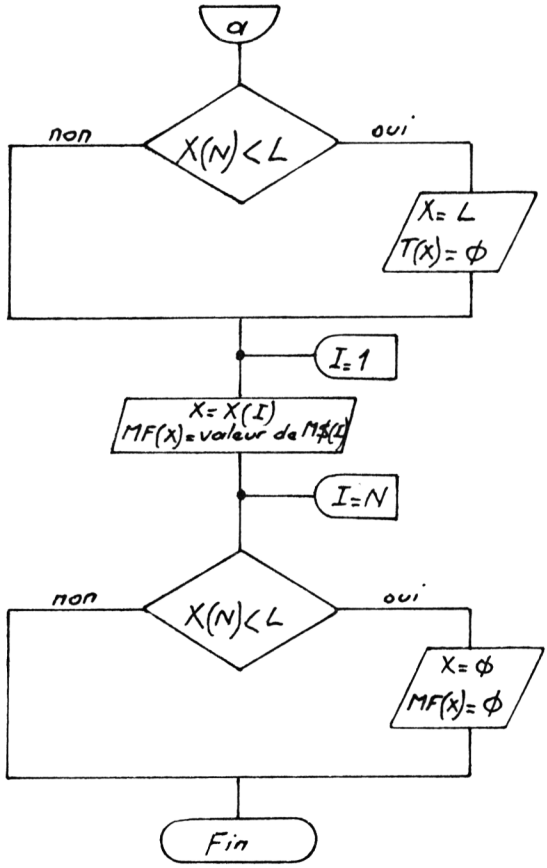
Deux exemples vous permettent de vous familiariser avec ce programme ainsi que d'en tester l'entrée correcte des lignes.

Note importante : l'utilisation de charges fictives d'abscisses fixées et de module nul permet de connaître des valeurs supplémentaires des T(X) et MF(X). L'exemple 2 vous en fournit une illustration.

ORGANIGRAMME



(suite organigramme)



PROGRAMME

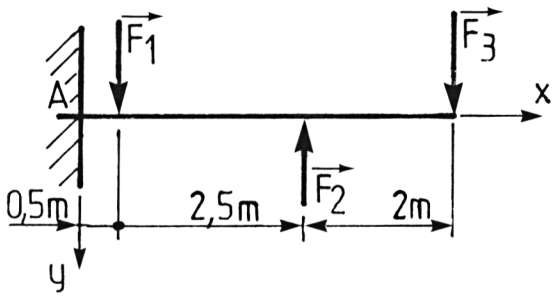
```
  10 REM "RDM4"
  15 PRINT TAB 6,"*POUTRE ENCAS
REE*"
  20 PRINT "DONNEES"
  25 PRINT AT 20,0;"LONGUEUR DE
LA POUTRE ?"
  30 INPUT L
  35 PRINT AT 2,0;"L=";L
  40 GOSUB 500
  45 PRINT AT 20,0;"NOMBRE DE FO
RCES CONCENTREES ?"
  50 INPUT N
  55 PRINT AT 1,18;N;"FORCES"
  60 GOSUB 500
  65 PRINT AT 20,0;"VALEUR DE LA
 CHARGE REPARTIE ?"
  70 INPUT P
  75 PRINT AT 3,0;"P=";P
  80 GOSUB 500
  82 IF N=0 THEN GOTO 520
  85 DIM X(N)
  90 DIM F(N)
  95 DIM T(2*N+2)
  97 LET SF=0
 100 LET SX=0
 110 FOR I=1 TO N
 115 PRINT AT 20,0;"ABSCISSE DE
X";I
 120 INPUT X(I)
 122 IF X(I)>L THEN GOTO 120
 125 PRINT AT I+2,14;"X";I;"=";X
(I)
 130 GOSUB 500
 135 PRINT AT 20,0;"MODULE DE F"
;I
 140 INPUT F(I)
 145 PRINT AT I+2,22;"F";I;"=";F
(I)
 150 GOSUB 500
 155 LET SF=SF+F(I)
 160 LET SX=SX+F(I)*X(I)
 165 NEXT I
 170 PRINT AT I+2,0;" "
 172 PRINT AT 21,0;"PRESSEZ UNE
TOUCHE POUR CONT."
 173 IF INKEY$="" THEN GOTO 173
 174 CLS
 175 LET RA=-SF-P*L
 180 LET MA=-SX-P*L*L/2
 185 PRINT "------RESULTATS----
----------"
 195 PRINT "RA=";RA,"MA=";MA
 200 LET SF=0
 205 LET SX=0
 210 LET T$="RA+P*X(I)+SF"
 215 LET M$="MA-RA*X(I)-(P*X(I)*
X(I)/2)+SX-X(I)*SF"
```

```
 220 PRINT "------EFFORTS TRANCH
ANTS-------"
 225 PRINT "X=0","T(X)=";RA
 227 LET T(1)=RA
 230 FOR I=1 TO N
 235 PRINT "X=";X(I),"T(X)=";VAL
 T$
 237 LET T(2*I)=VAL T$
 240 LET SF=SF+F(I)
 245 PRINT "X=";X(I),"T(X)=";VAL
 T$
 247 LET T(2*I+1)=VAL T$
 250 NEXT I
 255 IF X(N)<L THEN PRINT "X=";L
;,"T(X)=0"
 260 PRINT "------MOMENTS DE FLE
XION-------"
 265 DIM M(N)
 270 LET SF=0
 275 LET SX=0
 276 LET MM=0
 280 PRINT "X=0","MF(X)=";MA
 282 IF ABS MA>MM THEN LET MM=AB
S MA
 285 FOR I=1 TO N
 290 PRINT "X=";X(I),"MF(X)=";VA
L M$
 292 IF ABS VAL M$>MM THEN LET M
M=ABS VAL M$
 293 LET M(I)=VAL M$
 314 PRINT "------FIN----------
----------"
 315 STOP
 500 PRINT AT 20,0;"
                    "
 510 RETURN
 520 PRINT AT 4,0;"------RESULTA
TS----------------";
 530 LET RA=-P*L
 535 LET MA=-P*L*L/2
 540 PRINT "RA=";RA,"MA=";MA
 545 PRINT "------EFFORTS TRANCH
ANTS------"
 550 PRINT "X=0","T(X)=";RA
 552 LET T(1)=RA
 555 PRINT "X=";L,"T(X)=0"
 560 PRINT "------MOMENTS DE FLE
XION------"
 565 PRINT "X=0","MF(X)=";MA
 570 PRINT "X=";L,"MF(X)=0"
 575 PRINT "------FIN----------
----------"
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 80 : entrée de la longueur L.
Lignes 85 à 100 : dimensionnement et initialisation des variables.
Lignes 110 à 150 : entrée pour chaque action de : abscisse X et module F.
Lignes 155 à 160 : boucle d'entrée 1 à N : calcul de SF = somme des modules et calcul de SX = somme des produits F.X.
Lignes 175 à 180 : calcul de l'action d'encastrement RA et calcul du moment d'encastrement MA.
Lignes 185 à 220 : initialisation de SF et SX ; définition des équations de T(X) ; MF(X) en chaînes.
Lignes 225 à 314 : calcul et affichage des T(X) ; MF(X).

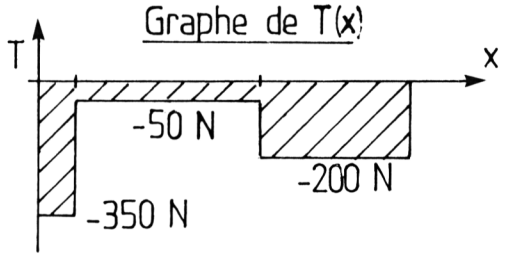
EXEMPLE 1 : poutre encastrée - charges concentrées

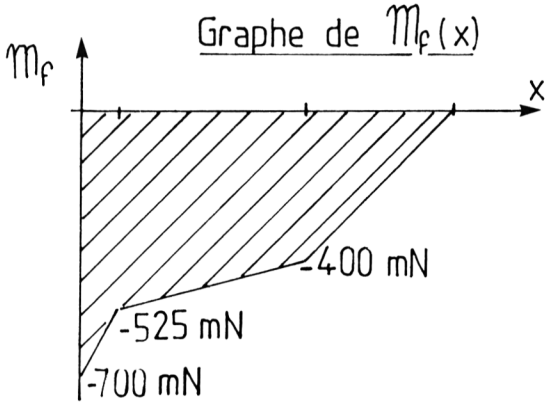


$\|\vec{F_1}\| = 300$ N

$\|\vec{F_2}\| = 150$ N

$\|\vec{F_3}\| = 200$ N





Entrées initiales

N = 3 - L = 5 - P = Ø

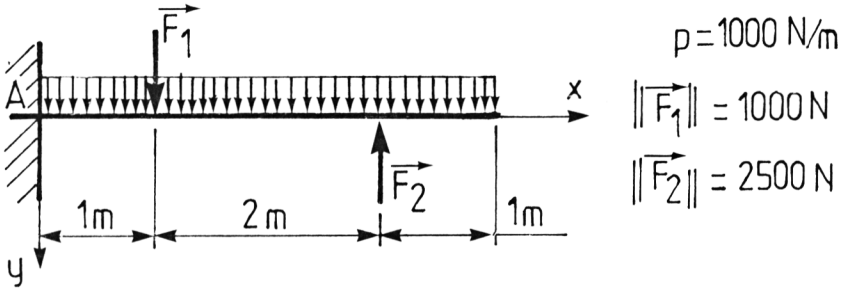
Tableau des actions

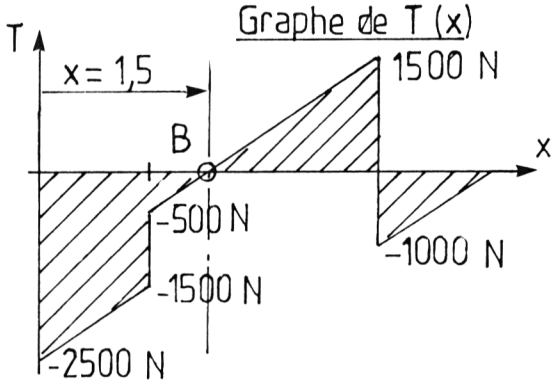
X1 = 0,5	F1 = 3ØØ
X2 = 3	F2 = -15Ø
X3 = 5	F3 = 2ØØ

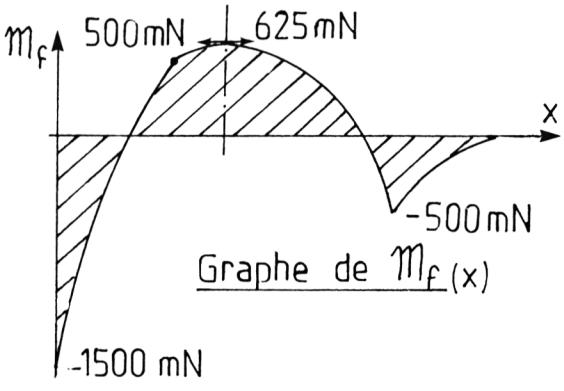
COPIE D'ECRAN

```
------RESULTATS-----------------
RA=-350                MA=-700
-------EFFORTS TRANCHANTS-------
X=0                    T(X)=-350
X=0.5                  T(X)=-350
X=0.5                  T(X)=-50
X=3                    T(X)=-50
X=3                    T(X)=-200
X=5                    T(X)=-200
X=5                    T(X)=0
-------MOMENTS DE FLEXION--------
X=0                    MF(X)=-700
X=0.5                  MF(X)=-525
X=3                    MF(X)=-400
X=5                    MF(X)=0
------FIN-----------------------
```

EXEMPLE 2 - poutre encastrée - charges concentrées et répartie







Partie 1 de l'exemple 2

Entrées initiales

N = 2 - L = 4 - P = 1ØØØ

Tableau des actions

X1 = 1 F1 = 1ØØØ
X2 = 3 F2 = -25ØØ

COPIE D'ECRAN

```
------RESULTATS----------------
RA=-2500          MA=-1500
------EFFORTS TRANCHANTS-------
X=0               T(X)=-2500
X=1               T(X)=-1500
X=1               T(X)=-500
X=3               T(X)=1500
X=3               T(X)=-1000
X=4               T(X)=0
------MOMENTS DE FLEXION-------
X=0               MF(X)=-1500
X=1               MF(X)=500
X=3               MF(X)=-500
X=4               MF(X)=0
------FIN-----------------------
```

En construisant le graphe des T(X), on remarque que celui-ci s'annule en B (*voir figure 1*).

Le graphe des MF(X) passe donc par un maximum en B. Pour en connaître la valeur, nous appliquons en B une charge fictive nulle (*voir la partie 2 de l'exemple 2*).

Partie 2 de l'exemple 2

Entrées initiales

N = 3 - L = 4 - P = 1ØØØ

Tableau des actions

X1 = 1 F1 = 1ØØØ
X2 = 1,5 F2 = Ø (charge fictive)
X3 = 3 F3 = -25ØØ

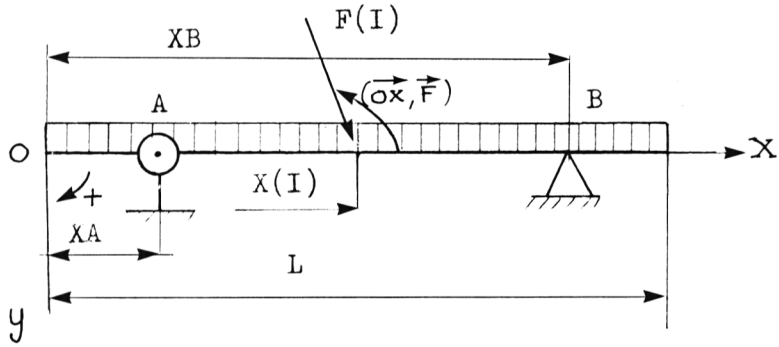
COPIE D'ECRAN

```
------RESULTATS----------------
RA=-2500          MA=-1500
------EFFORTS TRANCHANTS-------
X=0               T(X)=-2500
X=1               T(X)=-1500
X=1               T(X)=-500
X=1.5             T(X)=0
X=1.5             T(X)=0
X=3               T(X)=1500
X=3               T(X)=-1000
X=4               T(X)=0
------MOMENTS DE FLEXION-------
X=0               MF(X)=-1500
X=1               MF(X)=500
X=1.5             MF(X)=625
X=3               MF(X)=-500
X=4               MF(X)=0
------FIN-----------------------
```

RDM 5

Poutre sur appuis en flexion

RAPPEL DES CARACTERISTIQUES



Hypothèses

Les appuis sont :

- ou deux appuis simples ;
- ou un appui simple et une articulation.

Appui simple : type B ici.
Articulation : type A ici.

Le nombre de charges appliquées F(I) est quelconque.
La direction des forces est quelconque mais coplane à (xoy).
Le système d'axes (xoy) est placé à l'extrémité gauche de la poutre.

Calcul des actions aux appuis (dans notre exemple)

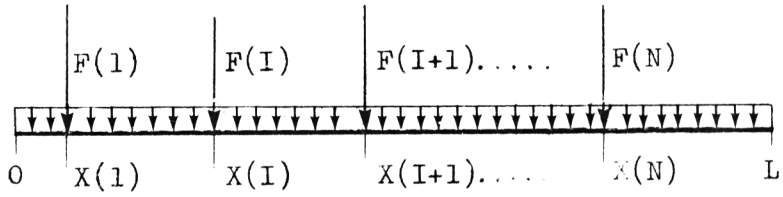
RAX= - F(I)x (F(I)x : projection sur ox)
RAY= - F(I)y - RB
RBY= (F(I)y.XA - F(I)y.X(I)) / (XB - XA)

Résultats obtenus par application de la méthode de superposition expliquée dans le chapitre consacré à STAT2.

Equations des efforts tranchants T(X)

Les actions RAy, RBy et F(I) sont triées par ordre croissant d'abscisse.

Nous disposons donc, après isolement, de N+2 actions appliquées à la poutre et de direction parallèle à oy.



Les valeurs calculées de l'effort tranchant T(X) sont donc :

X=X(I)	$T(X) = \Sigma F(I) + P.X(I)$
X=X(I+1)	$T(X) = \Sigma F(I) + P.X(I+1)$
X=X(1)	$T(X) = P.X(1)$
X=X(N)	$T(X) = -P.(L-X(N))$

Equations des moments de flexion MF(X)

X=Ø	MF(X) = Ø
X=L	MF(X) = Ø
X=X(I)	$MF(X) = \Sigma F(I).X(I) - X(I).\ \Sigma F(I) - P.X(I)^2/2$

Position et calcul du moment de flexion maximum

La valeur de MFmax. correspondant à l'abscisse X telle que T(X)=Ø (T(X) changeant de signe), il suffit de repérer cette valeur de l'abscisse au cours du calcul des T(X) et de remplacer le résultat dans l'équation de MF(X) correspondante.

Le **programme "RDM5"** de flexion plane simple étudie les cas suivants :

- poutre sur deux appuis simples ;
- charge répartie uniformément sur la longueur ;
- N charges concentrées faisant avec la poutre un angle quelconque.

Les calculs effectués sont les suivants :

- modules des actions aux appuis ;
- valeurs des efforts tranchants aux points d'application des forces concentrées ;
- valeurs des moments de flexion en ces mêmes points.

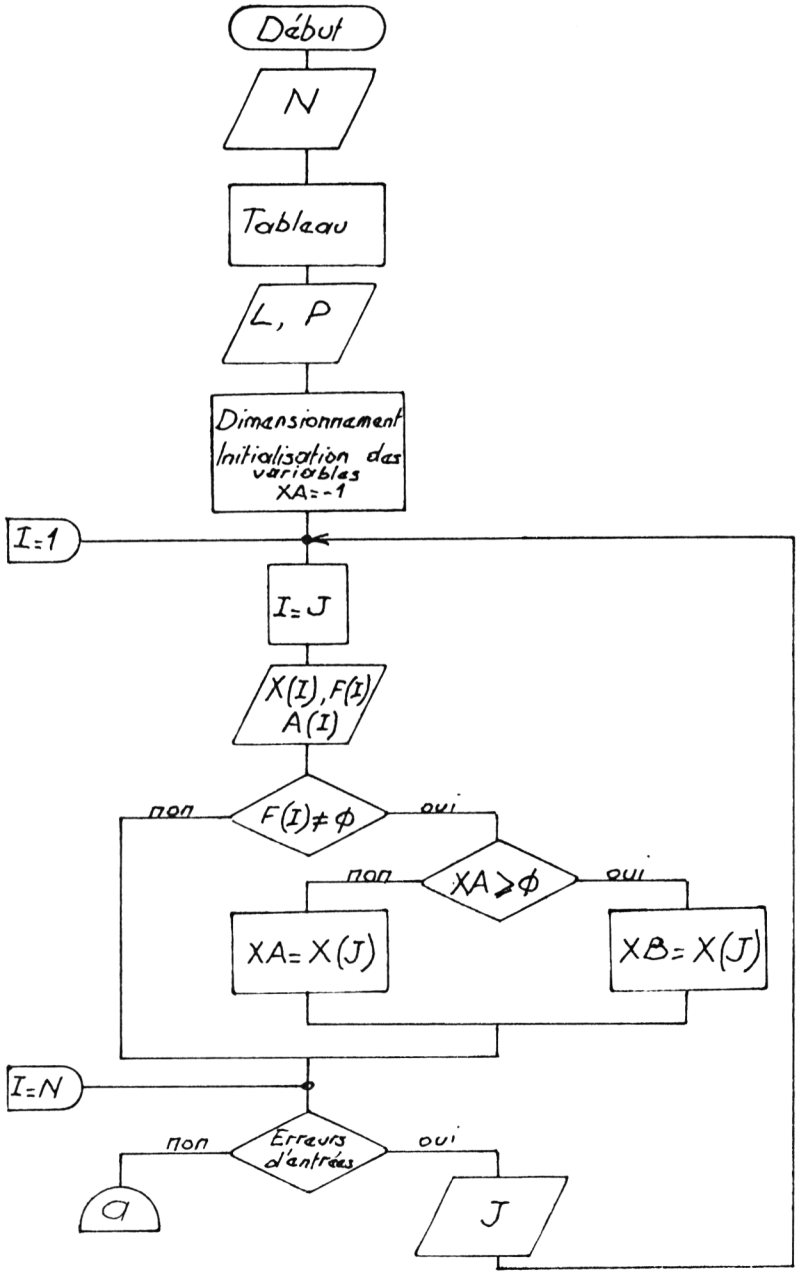
Méthode de travail

1- Entrer le nombre de forces concentrées N.
2- Entrer la longueur de la poutre.
3- Entrer le coefficient P de charge répartie.
4- Pour chaque action, en les classant par abscisse croissante, entrer l'abscisse, le module et l'angle qu'elle fait avec la poutre.
Pour chaque appui rencontré, entrer un module nul. Celui-ci sera interprété par la machine comme étant RA ou RB et affiché en conséquence selon l'ordre.

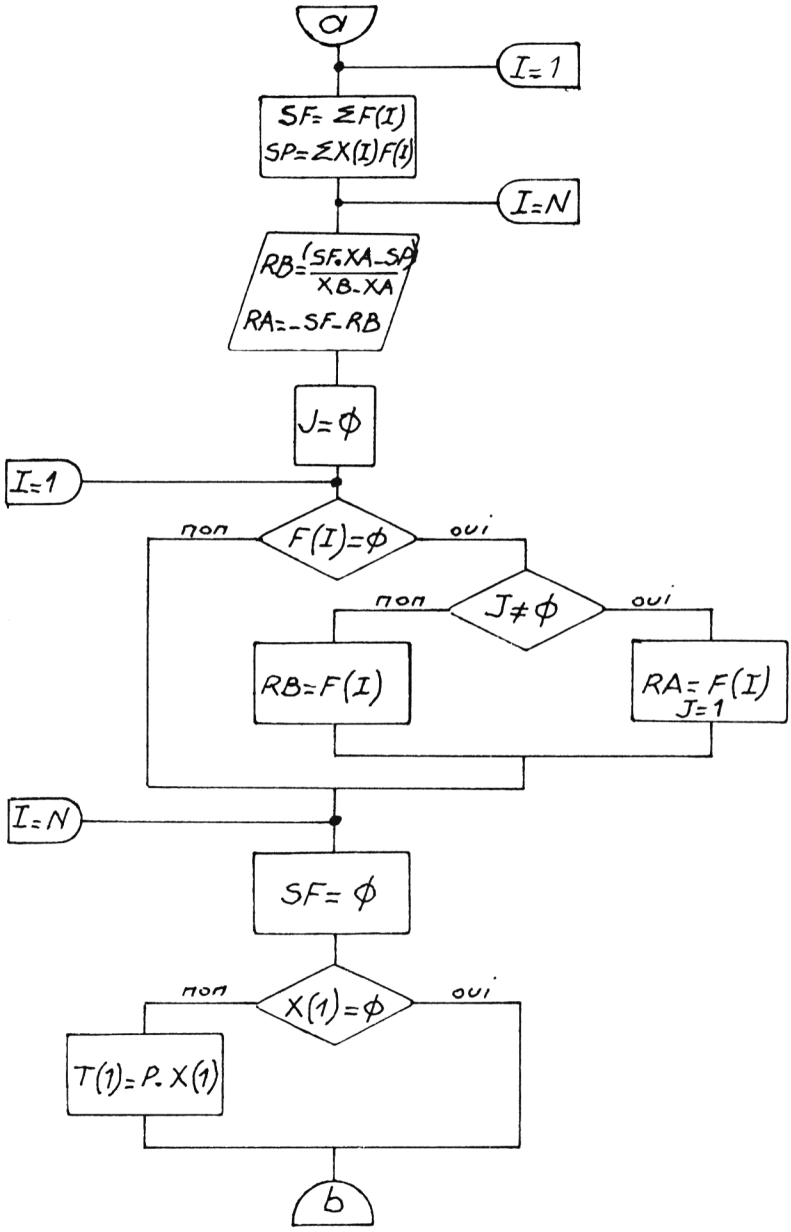
5- Une possibilité de correction par ligne entrée est donnée. Toutes les lignes, hormis celle contenant RA, peuvent être corrigées en entrant le numéro de ligne correspondant à la correction.

Note importante : l'utilisation de charge fictive est possible mais, pour que le zéro entré ne soit pas interprété comme un appui, il suffit d'entrer un module très petit (10-6 par exemple) qui n'affecte pas les calculs.

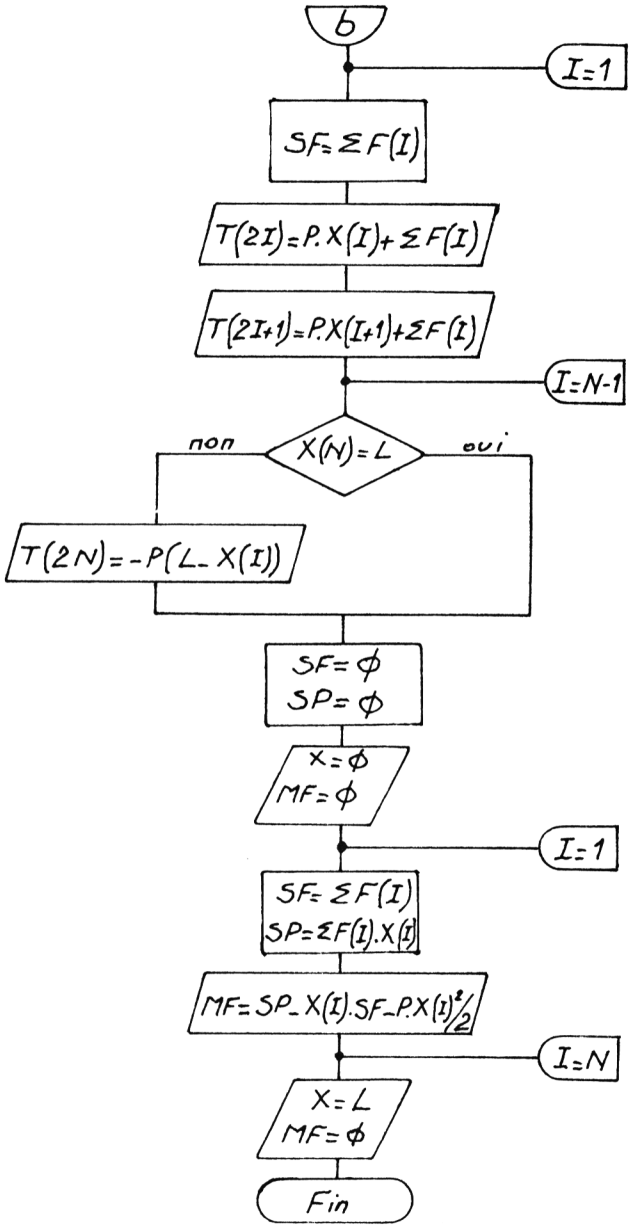
ORGANIGRAMME



(suite organigramme)



(suite organigramme)



PROGRAMME

```
  10 REM "RDM5"
  15 PRINT TAB 5;"POUTRE SUR DEU
X APPUIS"
  20 PRINT TAB 5;"CHARGES CONCEN
TREES"
  25 PRINT
  30 PRINT TAB 5;"NOMBRE TOTAL D
""ACTIONS ?"
  35 PRINT "Y COMPRIS LES ACTION
S AUX APPUIS"
  36 PRINT "                    "
  40 INPUT N
  45 PRINT TAB 10;"N=";N
  50 PRINT
  55 PRINT TAB 3;"DONNER LES ABC
ISSES "
  60 PRINT TAB 10;"LES MODULES"
  65 PRINT TAB 10;"LES ANGLES EN
 DEGRES"
  70 PRINT
  75 PRINT "AUX APPUIS,ENTRER UN
 MODULE=0"
  80 PRINT "LES ANGLES SONT MESU
RES (OX,F)"
  90 PRINT "**********************
**********"
  95 PRINT "ENTRER LA LONGUEUR D
E LA POUTRE"
  98 INPUT L
  99 PRINT TAB 10;"L=";L
 100 PRINT "ENTRER LE COEF.DE CH
ARGE","REPARTIE"
 110 INPUT P
 120 PRINT TAB 10;"P=";P
 130 GOSUB 1900
 190 DIM X(N)
 192 DIM F(N)
 194 DIM A(N)
 195 DIM T(2*N)
 196 LET XA=-1
 200 FOR I=1 TO N
 210 LET J=I
 220 PRINT AT J,0;"X";J;"=
";TAB 10;"F";J;"=          ";TAB 20
;"A";J;"=          ";
 230 INPUT X(J)
 240 IF X(J)<0 OR X(J)>L THEN GO
TO 230
 250 PRINT AT J,3;X(J)
 260 INPUT F(J)
 270 IF F(J)<>0 THEN GOTO 290
 272 IF XA>=0 THEN GOTO 280
 274 LET XA=X(J)
 276 PRINT AT J,13;"RA"
 278 GOTO 300
```

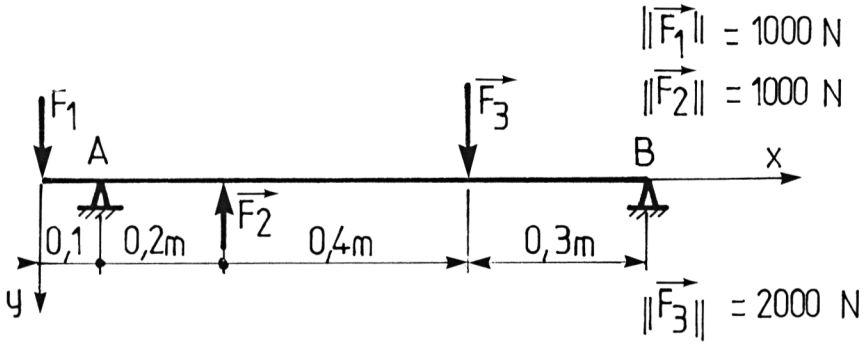
```
 280 LET XB=X(J)
 284 PRINT AT J,13;"RB"
 286 GOTO 300
 290 PRINT AT J,13;F(J)
 300 INPUT A(J)
 305 IF A(J)<0 OR A(J)>180 THEN
GOTO 300
 310 PRINT AT J,23;A(J)
 315 NEXT I
 320 PRINT AT 20,0;"SI ERREUR EN
TRER LE NUMERO"
 325 PRINT "SI CORRECT FAIRE UN
NUMERO >";N
 330 INPUT J
 335 IF J<=N THEN GOTO 220
 400 LET SF=0
 402 LET AA=0
 405 LET SP=0
 410 FOR I=1 TO N
 412 LET A=A(I)*PI/180
 413 LET AA=INT (AA+F(I)*COS A)
 414 LET F(I)=F(I)*SIN A
 415 LET SF=SF+F(I)
 420 LET SP=SP+(F(I)*X(I))
 425 NEXT I
 430 LET SF=SF+P*L
 440 LET SP=SP+P*L**2/2
 460 LET RB=INT ((SF*XA-SP)/(XB
XA))
 465 LET AA=INT (-SF-RB)
 470 PRINT AT I,0;"RAY=";RA;TAB
 16;"R?X=";AA
 475 PRINT ;"RBY=";RB
 479 REM ------------------------
 480 LET J=0
 485 FOR I=1 TO N
 486 IF I=N THEN GOTO 520
 487 IF F(I)<>0 THEN NEXT I
 490 IF J=1 THEN GOTO 510
 495 LET F(I)=RA
 500 LET J=1
 505 NEXT I
 510 LET F(I)=RB
 515 NEXT I
 520 GOSUB 1900
 525 REM ------------------------
 530 PRINT TAB 5;"*EFFORTS TRANS
MIS*"
 532 LET SF=0
 535 IF X(1)=0 THEN GOTO 545
 540 PRINT "X=0","T(X)=0"
 542 PRINT "X=";X(1),"T(X)=";P*X
(1)
 543 LET T(1)=P*X(1)
```

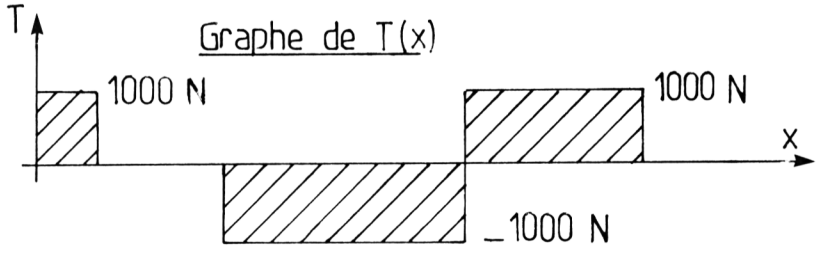
```
  545 FOR I=1 TO N-1
  550 LET SF=SF+F(I)
  555 LET T(2*I)=SF+P*X(I)
  557 IF ABS T(2*I)<1 THEN LET T
2*I)=0
  560 PRINT "X=";X(I),"T(X)=";T(2
*I)
  565 LET T(2*I+1)=SF+P*X(I+1)
  567 IF ABS T(2*I+1)<1 THEN LET
T(2*I+1)=0
  570 PRINT "X=";X(I+1),"T(X)=";T
(2*I+1)
  575 NEXT I
  580 IF X(N)=L THEN GOTO 600
  585 PRINT "X=";X(N),"T(X)=";-P*
(L-X(I))
  587 LET T(2*N)=-P*(L-X(I))
  590 PRINT "X=";L,"T(X)=0"
  600 GOSUB 1900

  605 REM ----------------------
  610 PRINT TAB 5;"MOMENTS DE FL
EXION"
  615 PRINT
  616 LET SF=0
  618 LET SP=0
  620 IF X(1)=0 THEN GOTO 630
  625 PRINT "X=0","MF(X)=0"
  630 FOR I=1 TO N
  635 LET SF=SF+F(I)
  640 LET SP=SP+F(I)*X(I)
  645 LET MF=SP-X(I)*SF-P*X(I)*X(
I)/2
  648 IF ABS MF<1 THEN LET MF=0
  650 PRINT "X=";X(I),"MF(X)=";MF
  655 NEXT I
  660 IF X(N)=L THEN GOTO 680
  670 PRINT "X=";L,"MF(X)=0"
  680 STOP

1900 PRINT AT 20,0;"LA SUITE, E
NPRESSANT UNE TOUCHE"

1950 PAUSE 4E4
1960 CLS
1970 RETURN
```

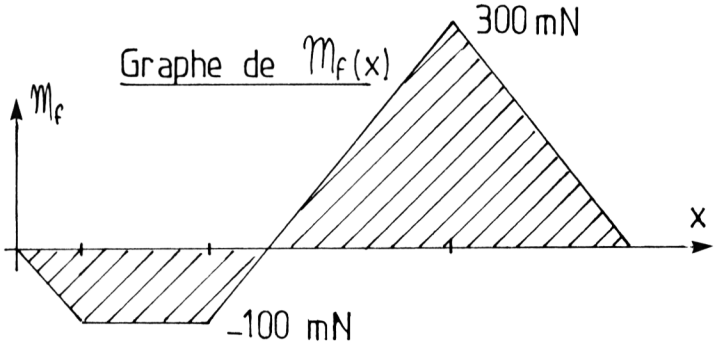
STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 120 : tableau de commentaires et entrées de N, L, P.
Lignes 190 à 196 : dimensionnement et initialisation des variables.
Lignes 200 à 315 : entrées pour chaque force de X,F,A, respectivement abscisse, module, angle par rapport à Ox.
Lignes 320 à 335 : test d'erreur.
Lignes 400 à 475 : calcul et affichage des actions RA, RB.
Lignes 480 à 520 : réaffectation des indices aux actions RA et RB.
Lignes 530 à 600 : calcul des efforts tranchants.
Lignes 600 à 680 : calcul des moments de flexion.
Lignes 610 à 680 : affichage des moments calculés.
Lignes 1900 à 1970 : sous-programme d'effacement après pause limitée.

EXEMPLE 1 : poutre sur deux appuis - charges concentrées







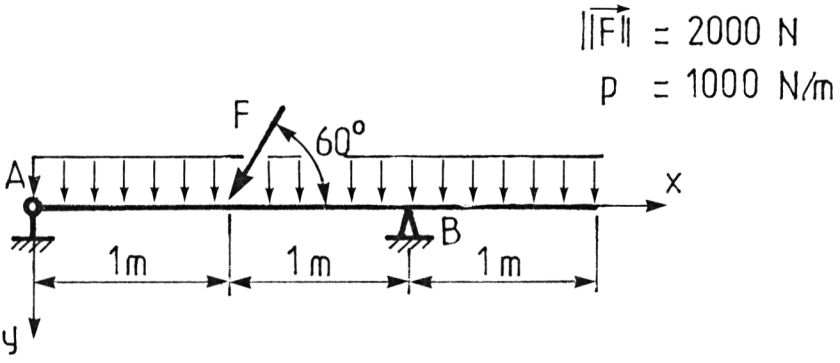
Entrées initiales

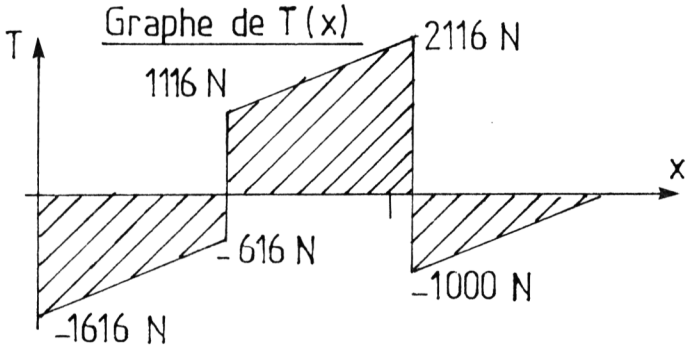
N = 5 - L = 1 - P = Ø

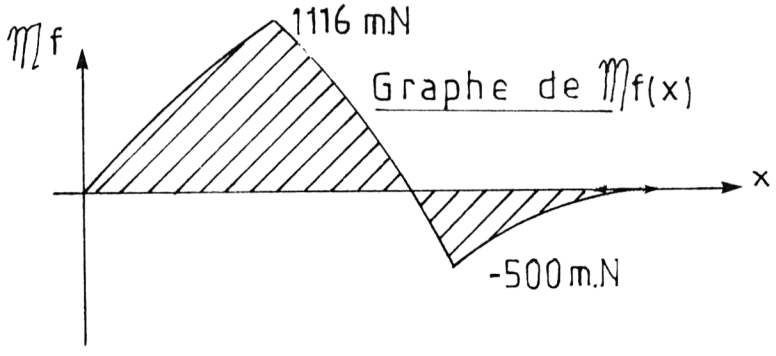
TABLEAU DES ACTIONS ET COPIE D'ECRAN

```
X1=0          F1=1000     A1=90
X2=0.1        F2=[illegible]     A2=90
X3=0.3        F3=-1000    A3=90
X4=0.7        F4=2000     A4=90
X5=1          F5=[illegible]     A5=90

RAY=-1000          R?X=0
RBY=-1000

      EFFORTS TRANCHANTS
X=0                T(X)=1000
X=0.1              T(X)=1000
X=0.1              T(X)=0
X=0.3              T(X)=0
X=0.3              T(X)=-1000
X=0.7              T(X)=-1000
X=0.7              T(X)=1000
X=1                T(X)=1000

      MOMENTS DE FLEXION
X=0                MF(X)=0
X=0.1              MF(X)=-100
X=0.3              MF(X)=-100
X=0.7              MF(X)=300
X=1                MF(X)=0
```

EXEMPLE 2 : **poutre sur deux appuis - charge quelconque et répartie**







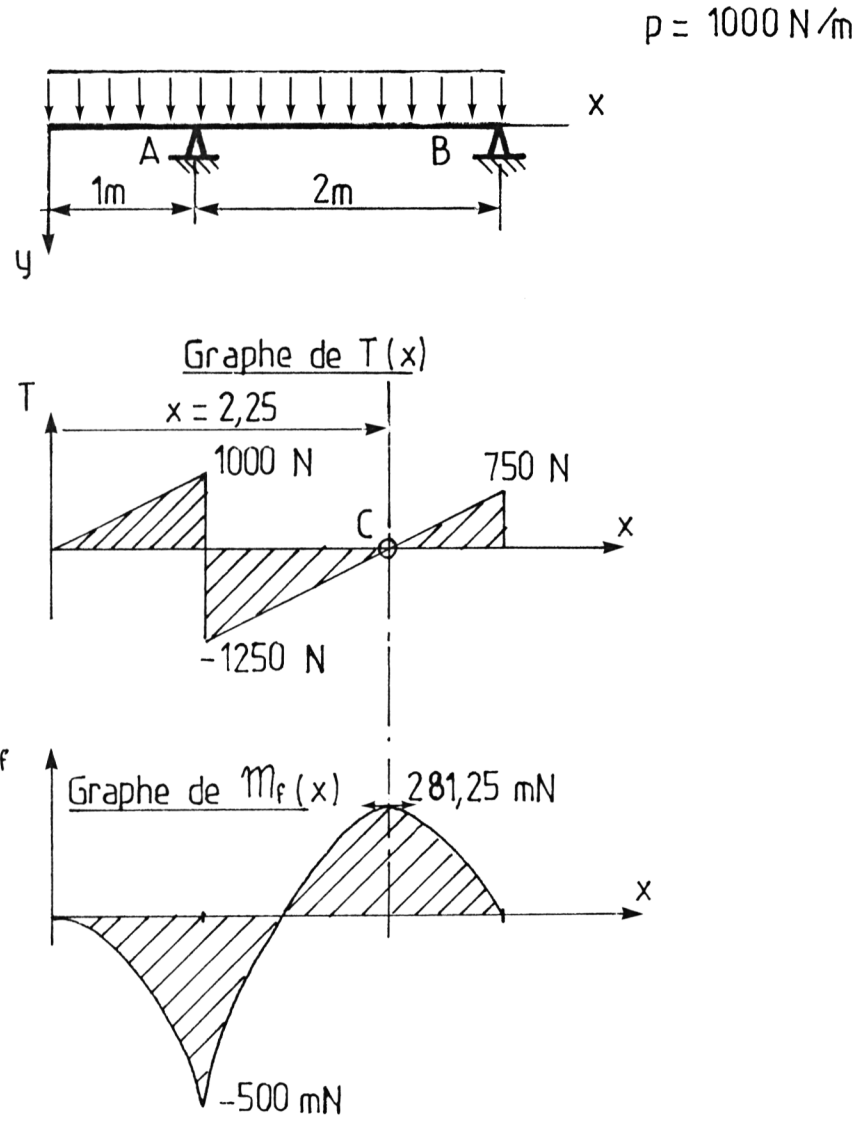
Entrées initiales

N = 3 - L = 3 - P = 1000

TABLEAU DES ACTIONS ET COPIE D'ECRAN

```
X1=0        F1=[illegible]      A1=90
X2=1        F2=2000     A2=60
X3=2        F3=[illegible]      A3=90

RAY=-1616.0254  R?X=1000
RBY=-3116.0254

      *EFFORTS TRANCHANTS*
X=0                 T(X)=-1616.0254
X=1                 T(X)=-616.0254
X=1                 T(X)=1116.0254
X=2                 T(X)=2116.0254
X=2                 T(X)=-1000
X=3                 T(X)=0

      *MOMENTS DE FLEXION*

X=0                 MF(X)=0
X=1                 MF(X)=1116.0254
X=2                 MF(X)=-500
X=3                 MF(X)=0
```

EXEMPLE 3 : poutre sur deux appuis - charge répartie



Partie 1

Entrées initiales

N = 2 - L = 3 - P = 1ØØØ

TABLEAU DES ACTIONS ET COPIE D'ECRAN

```
X1=1          F1=[illegible]        A1=90
X2=3          F2=[illegible]        A2=90
[illegible]RAY=-2250          [illegible]R?X=0
[illegible]RBY=-750

        [illegible]
X=0                    T(X)=0
X=1                    T(X)=1000
X=1                    T(X)=-1250
X=3                    T(X)=750
        [illegible]

X=0                    MF(X)=0
X=1                    MF(X)=-500
X=3                    MF(X)=0
```

En construisant le graphe des T(X), on remarque que celui-ci s'annule en C (*voir figure 1*).

Le graphe des MF(X) passe donc par un maximum à cet endroit. Pour en déterminer la valeur, nous appliquons en C, d'abscisse 2,25 m, une charge fictive de module 10-6 Newton (*voir partie 2 de l'exemple 3*).

Partie 2 de l'exemple 3

Entrées initiales

N = 3 - L = 3 - P = 1ØØØ

TABLEAU DES ACTIONS ET COPIE D'ECRAN

```
X1=1          F1=[illegible]        A1=90
X2=2.25       F2=1E-6       A2=90
X3=3          F3=[illegible]        A3=90


        [illegible]
X=0                    T(X)=0
X=1                    T(X)=1000
X=1                    T(X)=-1250
X=2.25                 T(X)=0
X=2.25                 T(X)=0
X=3                    T(X)=750


        [illegible]

X=0                    MF(X)=0
X=1                    MF(X)=-500
X=2.25                 MF(X)=281.25
X=3                    MF(X)=0
```

RDM 6

Poutre encastrée soumise à flexion

Ce programme est la version améliorée de "RDM4". Il permet, en effet, non seulement les calculs des efforts tranchants et moments de flexion, mais en outre, les graphes de ces deux fonctions.

Nous avons préféré traiter séparément les programmes graphiques, l'adaptation à un autre micro-ordinateur que le "ZX 81" étant plus aisée lorsque RDM4 est déjà introduit.

La première partie est commune à RDM4 et, seules, quelques lignes ont été ajoutées, permettant de calculer les échelles de tracé.

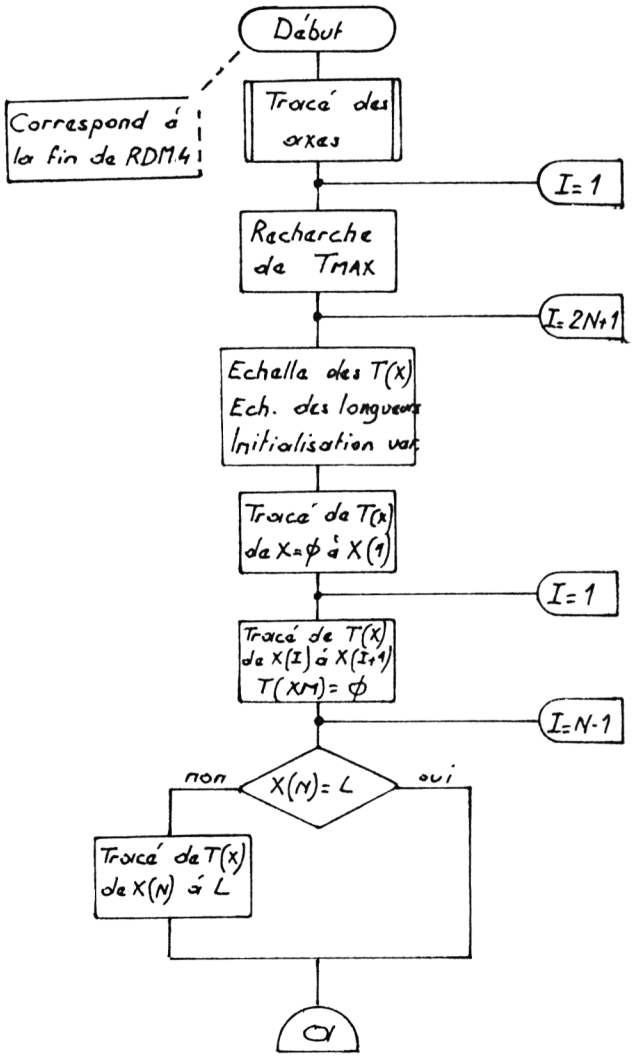
Notez que le programme est conçu de façon à détecter les valeurs de x correspondant à T(X) = 0 et à calculer la valeur de MF correspondante.

Note : seule la partie graphique de l'organigramme est donnée puisque la première partie est analogue à RDM4.

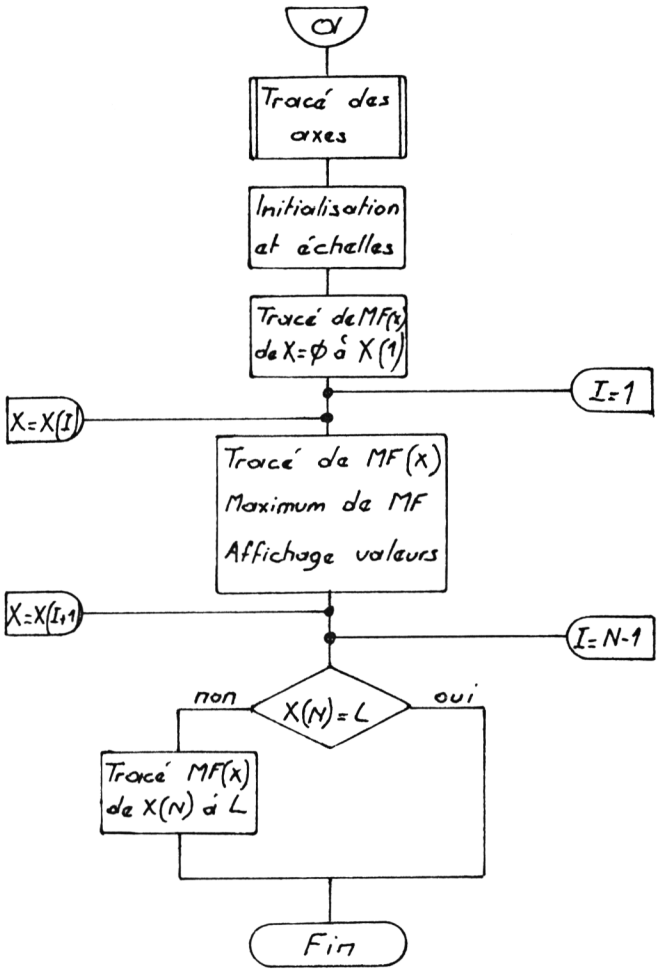
EXEMPLES D'UTILISATION

Les exemples donnés en illustration à RDM4 ont été volontairement repris.

ORGANIGRAMME



(suite organigramme)



PROGRAMME

```
  10 REM "RDM6"
  15 PRINT TAB 6;"*POUTRE ENCASTR
EE*"
  20 PRINT "DONNEES"
  25 PRINT AT 20,0;"LONGUEUR DE
LA POUTRE ?"
  30 INPUT L
  35 PRINT AT 2,0;"L=";L
  40 GOSUB 500
  45 PRINT AT 20,0;"NOMBRE DE FO
RCES CONCENTREES ?"
  50 INPUT N
  55 PRINT AT 1,18;N;"FORCES"
  60 GOSUB 500
  65 PRINT AT 20,0;"VALEUR DE LA
 CHARGE REPARTIE ?"
  70 INPUT P
  75 PRINT AT 3,0;"P=";P
  80 GOSUB 500
  82 IF N=0 THEN GOTO 520
  85 DIM X(N)
  90 DIM F(N)
  95 DIM T(2*N+2)
  97 LET SF=0
 100 LET SX=0
 110 FOR I=1 TO N
 115 PRINT AT 20,0;"ABSCISSE DE
X";I
 120 INPUT X(I)
 122 IF X(I)>L THEN GOTO 120
 125 PRINT AT I+2,14;"X";I;"=";X
(I)
 130 GOSUB 500
 135 PRINT AT 20,0;"MODULE DE F"
;I
 140 INPUT F(I)
 145 PRINT AT I+2,22;"F";I;"=";F
(I)
 150 GOSUB 500
 155 LET SF=SF+F(I)
 160 LET SX=SX+F(I)*X(I)
 165 NEXT I
 170 PRINT AT I+2,0;" "
 172 PRINT AT 21,0;"PRESSEZ UNE
TOUCHE POUR CONT."
 173 IF INKEY$="" THEN GOTO 173
 174 CLS
 175 LET RA=-SF-P*L
 180 LET MA=-SX-P*L*L/2
 185 PRINT "------RESULTATS-----
-----------"
 195 PRINT "RA=";RA,"MA=";MA
 200 LET SF=0
 205 LET SX=0
 210 LET T$="RA+P*X(I)+SF"
 215 LET M$="MA-RA*X(I)-(P*X(I)*
X(I)/2)+SX-X(I)*SF"
 220 PRINT "------EFFORTS TRANCH
ANTS-------"
 225 PRINT "X=0","T(X)=";RA
 227 LET T(1)=RA
```

```
 230 FOR I=1 TO N
 235 PRINT "X=";X(I),"T(X)=";VAL
 T$
 237 LET T(2*I)=VAL T$
 240 LET SF=SF+F(I)
 245 PRINT "X=";X(I),"T(X)=";VAL
 T$
 247 LET T(2*I+1)=VAL T$
 250 NEXT I
 255 IF X(N)<L THEN PRINT "X=";L
,"T(X)=0"
 260 PRINT "------MOMENTS DE FLE
XION-------"
 265 DIM M(N)
 270 LET SF=0
 275 LET SX=0
 276 LET MM=0
 280 PRINT "X=0","MF(X)=";MA
 282 IF ABS MA>MM THEN LET MM=AB
S MA
 285 FOR I=1 TO N
 290 PRINT "X=";X(I),"MF(X)=";VA
L M$
 292 IF ABS VAL M$>MM THEN LET M
M=ABS VAL M$
 293 LET M(I)=VAL M$
 295 LET SF=SF+F(I)
 300 LET SX=SX+F(I)*X(I)
 305 NEXT I
 310 IF X(N)<L THEN PRINT "X=";L
,"MF(X)=0"
 312 LET EM=16/MM
 314 PRINT "------FIN-----------
------------"
 315 PRINT "POUR VOIR LES GRAPHE
S"
 316 PRINT "APPUYER SUR UNE TOUC
HE"
 320 IF INKEY$="" THEN GOTO 320
 330 GOTO 600
 500 PRINT AT 20,0;"
                    "
 510 RETURN
 520 PRINT AT 4,0;"------RESULTA
TS---------------"
 530 LET RA=-P*L
 535 LET MA=-P*L*L/2
 540 PRINT "RA=";RA,"MA=";MA
 545 PRINT "------EFFORTS TRANCH
ANTS------"
 550 PRINT "X=0","T(X)=";RA
 552 LET T(1)=RA
 555 PRINT "X=";L,"T(X)=0"
 560 PRINT "------MOMENTS DE FLE
XION------"
 565 PRINT "X=0","MF(X)=";MA
 570 PRINT "X=";L,"MF(X)=0"
 575 PRINT "------FIN-----------
----------"
 580 STOP
 600 LET TM=0
 601 CLS
```

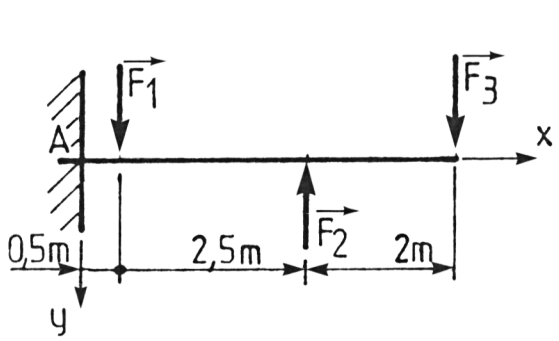
```
 802 PRINT TAB 12;"GRAPHE DES T(
X)";AT 1,5;"T(X)"
 803 GOSUB 2000
 805 FOR I=1 TO 2*N+1
 810 IF ABS T(I)>TM THEN LET TM=
ABS T(I)
 815 NEXT I
 820 LET ET=16/TM
 825 LET EL=40/L
 826 LET XM=0.
 827 LET MX=0
 830 LET SF=0
 831 LET X=0
 832 LET T$="RA+P*X/EL+SF"
 833 LET B=23+(VAL T$)*ET
 834 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;RA;"-
----"
 835 FOR X=0 TO X(1)*EL
 840 LET A=X+19
 845 LET B=23+(VAL T$)*ET
 850 PLOT A,B
 855 NEXT X
 860 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;T(2);
"-----"
 865 PRINT AT 10,A/2;X(1)
 870 FOR I=1 TO N-1
 875 LET SF=SF+F(I)
 876 LET B=23+(VAL T$)*ET
 878 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;T(2*I
+1);"-----"
 880 FOR X=X(I)*EL TO X(I+1)*EL
 882 LET A=X+19
 885 LET B=23+(VAL T$)*ET
 890 PLOT A,B
 892 NEXT X
 895 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;T(2*I
+2);"-----"
 896 IF P<>0 THEN LET MX=-(SF+RA
)/P
 897 IF MX<X(I+1) AND MX>X(I) TH
EN LET XM=MX
 898 IF XM<X(I+1) AND XM>X(I) TH
EN PRINT AT 19,10;"T(X)=0 POUR X
=";XM
 700 PRINT AT 10,A/2;X(I+1)
 705 NEXT I
 710 IF X(N)=L THEN GOTO 740
 712 LET SF=SF+F(I)
 713 LET B=23+(VAL T$)*ET
 714 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;T(2*N
+1);"-----"
 715 FOR X=X(N)*EL+1 TO L*EL-1
 720 LET A=X+19
 725 LET B=23+(VAL T$)*ET
 730 PLOT A,B
 735 NEXT X
 740 PRINT AT 10,A/2;L
 750 PRINT AT 21,0;"POUR CONT. P
RESSER UNE TOUCHE"
 760 IF INKEY$="" THEN GOTO 760
 770 CLS
 780 PRINT TAB 12;"GRAPHE DES MF
(X)"
 785 PRINT AT 1,5;"MF(X)"
 790 GOSUB 2000
 792 LET B=23+MA*EM
 794 PRINT AT 21-B/2,0;MA;"-----
"
 795 LET M$="MA-RA*X/EL-P*(X/EL)
**2/2+SX-SF*X/EL"
 800 LET SF=0
 802 LET MX=0
```

```
 805 LET SX=0
 810 FOR X=0 TO X(1)*EL
 815 LET A=X+19
 820 LET B=23+(VAL M$)*EM
 825 PLOT A,B
 830 NEXT X
 835 PRINT AT 21-B/2,0;M(1);"---
--"
 840 PRINT AT 10,A/2;X(1)
 845 FOR I=1 TO N-1
 846 LET SF=SF+F(I)
 847 LET SX=SX+F(I)*X(I)
 850 FOR X=X(I)*EL TO X(I+1)*EL
 855 LET A=X+19
 860 LET B=23+(VAL M$)*EM
 865 PLOT A,B
 866 IF X=XM*EL THEN PRINT AT 19
,10;"MF(";XM;")=";VAL M$
 870 NEXT X
 872 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;M(I+1
);"------"
 880 PRINT AT 10,A/2;X(I+1)
 895 NEXT I
 900 IF X(N)=L THEN GOTO 950
 905 FOR X=X(N)*EL TO L*EL
 910 LET A=X+19
 915 LET B=22-(P*(L-X/EL)**2/2)*
EM
 920 PLOT A,B
 925 NEXT X
1995 STOP
2000 FOR I=1 TO 19
2010 PRINT AT I,9;"+"
2020 NEXT I
2030 PRINT AT 10,10;"----------
----------";AT 9,30;"X";AT 10,9;
"0"
2050 RETURN
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 10 à 580 : parties communes à RDM4 ; quelques lignes ayant été ajoutées, vérifier soigneusement le listing.
Lignes 600 à 615 : tracé des axes ; recherche de T maxi.
Lignes 620 à 631 : définition des échelles ; initialisation variables.
Ligne 632 : algorithme de calcul de T(x) défini sous forme d'une chaîne.
Ligne 633 : ordonnée de T en chaque point.
Lignes 635 à 665 : tracé du graphe de T de Ø à x(1).
Lignes 670 à 705 : tracé du graphe de T de x(I) à x(I+1).
Lignes 696 à 698 : calcul de XM tel que T(XM) = 0.
Lignes 710 à 740 : tracé du graphe pour X = X(N) à L.
Lignes 750 à 770 : effacement et texte d'appel à la suite.
Lignes 780 à 805 : définition des échelles ; tracé des axes ; initialisation des variables.
Lignes 810 à 840 : graphe de MF de X = 0 à X = X(1).
Lignes 845 à 895 : graphe de X = X(I) à X = X(I+1) ; calcul du maximum.
Lignes 900 à 925 : graphe de X = X(N) à X = L.
Lignes 2000 à 2050 : sous-programme de tracé des axes.

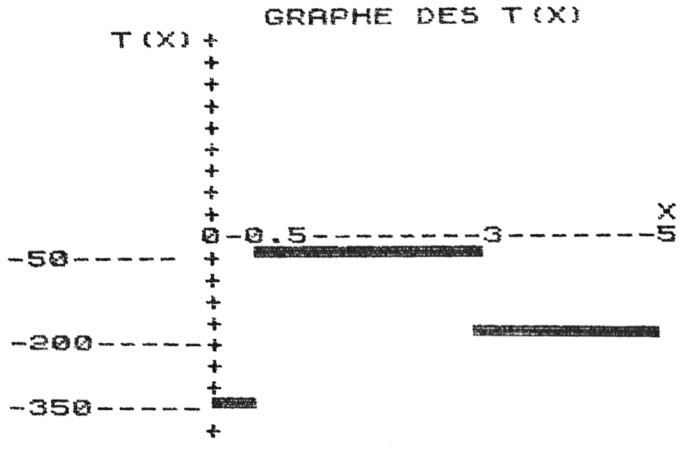
EXEMPLE 1 : poutre encastrée - charges concentrées



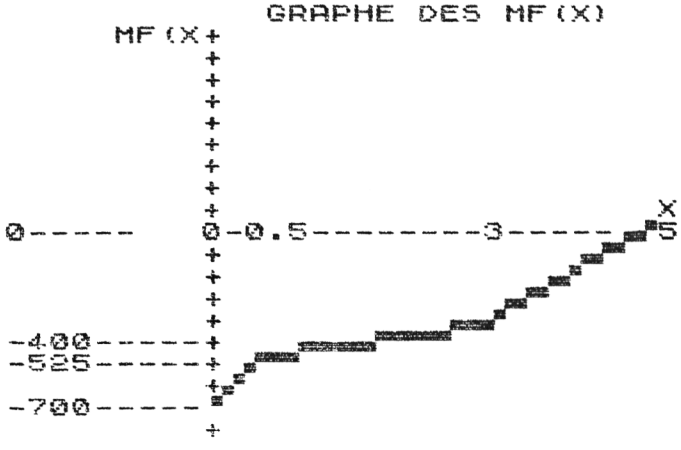
$\|\vec{F_1}\| = 300$ N

$\|\vec{F_2}\| = 150$ N

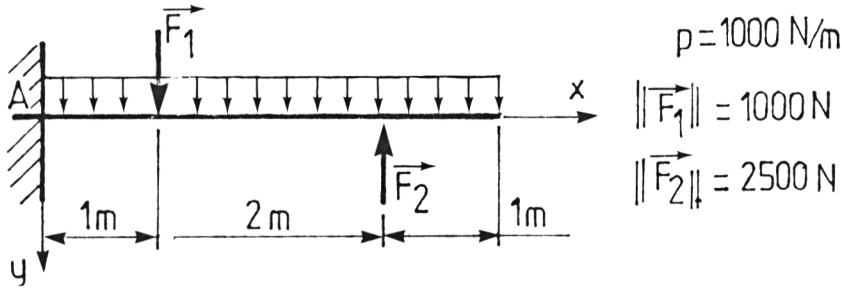
$\|\vec{F_3}\| = 200$ N

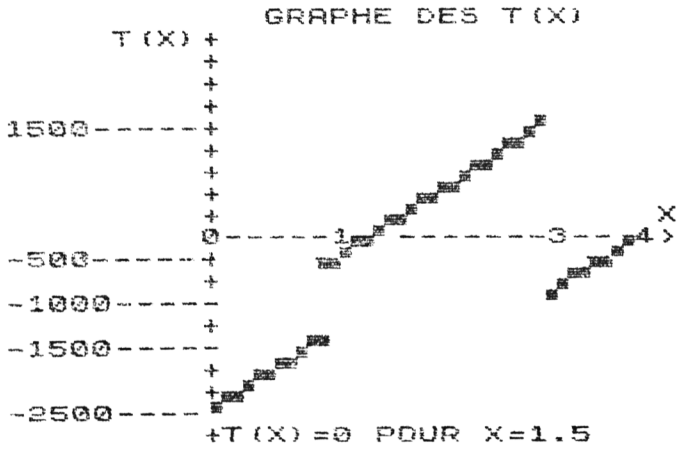


POUR CONT. PRESSER UNE TOUCHE

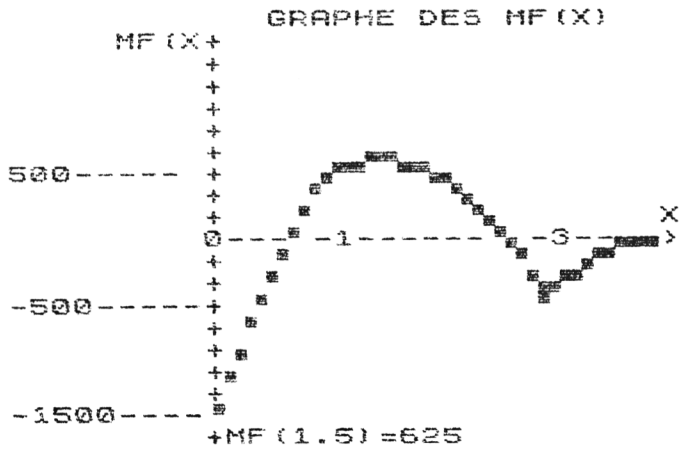


EXEMPLE 2 : poutre encastrée
charges concentrées et répartie





POUR CONT. PRESSER UNE TOUCHE



RDM 7

Poutre sur deux appuis

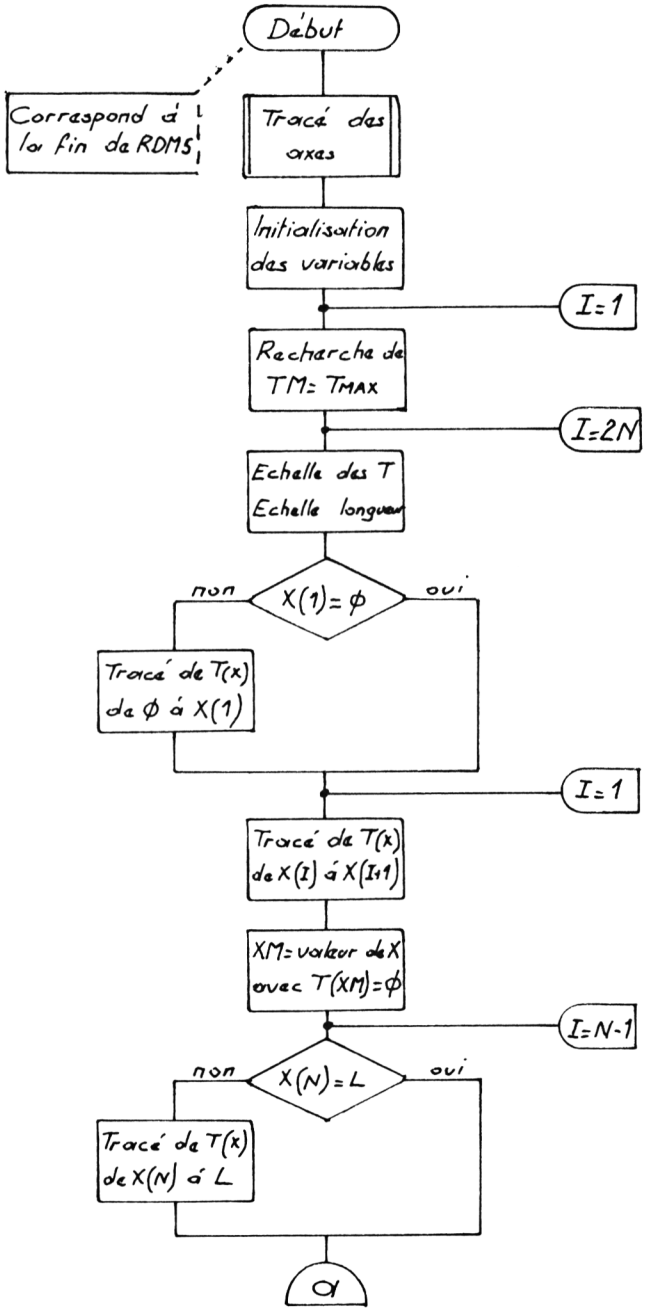
Ce programme est lui aussi la version graphique de "RDM5". Il vous suffira donc de rentrer le listing proposé à la suite de RDM5 pour réaliser les graphes des fonctions efforts tranchants et moments de flexion.

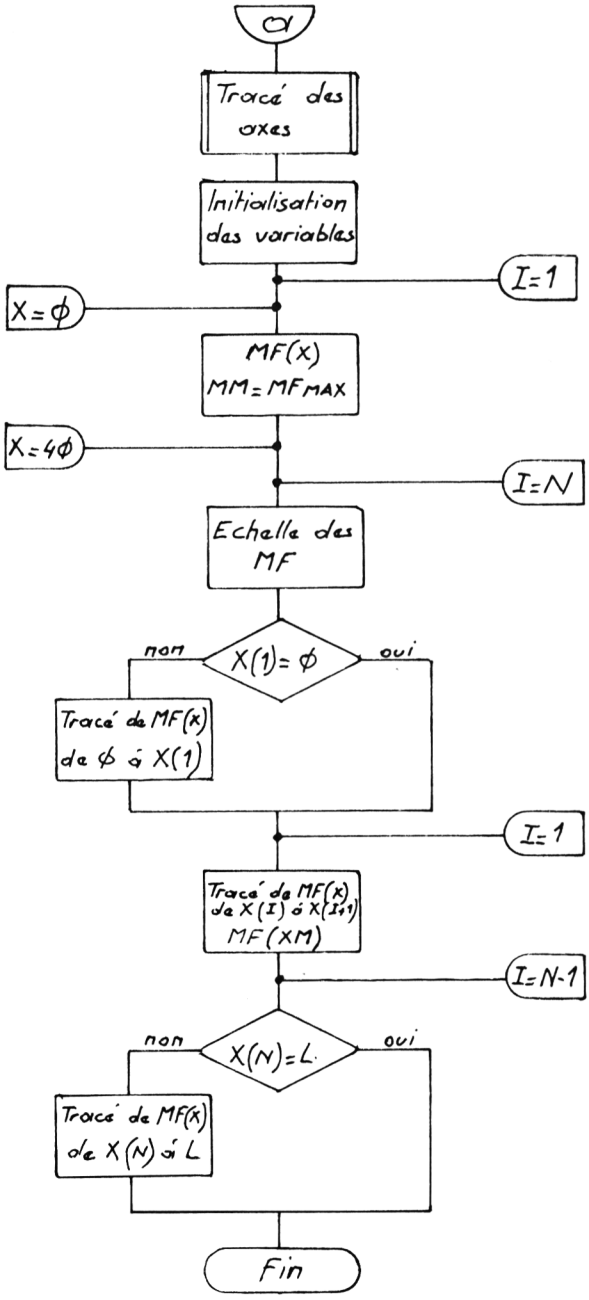
La partie graphique est traitée de façon analogue à la précédente.

EXEMPLES D'UTILISATION

Les trois premiers exemples repris pour illustrer ce programme sont les mêmes que ceux du programme RMD5. Un exemple supplémentaire est donné dans le but de montrer le calcul du maximum de MF et la mise à échelle correcte qui s'en suit.

ORGANIGRAMME




Tracé des axes
Initialisation des variables
I=1
X=ϕ
MF(x)
MM=MFMAX
X=4ϕ
I=N
Echelle des MF
non
X(1)=ϕ
oui
Tracé de MF(x) de ϕ á X(1)
I=1
Tracé de MF(x) de X(I) á X(I+1)
MF(XM)
I=N-1
non
X(N)=L
oui
Tracé de MF(x) de X(N) á L
Fin

PROGRAMME

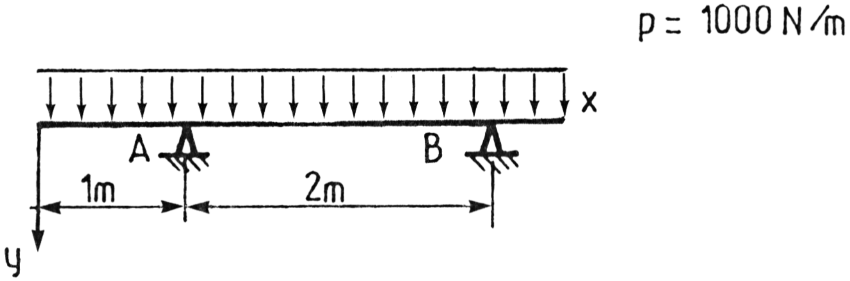
```
 680 GOSUB 1900
 690 REM ----------------------
-
 700 PRINT TAB 12;"GRAPHE DES T(
X)"
 705 GOSUB 2000
 706 PRINT AT 1,5;"T(X)"
 708 LET MX=0
 710 LET XM=0
 712 LET TM=0
 714 LET SF=0
 716 LET EL=40/L
 718 FOR I=1 TO 2*N
 720 IF ABS T(I)>TM THEN LET TM=
ABS T(I)
 725 NEXT I
 730 LET ET=16/TM
 735 IF T(1)=0 THEN GOTO 780
 740 FOR X=0 TO X(1)*EL
 745 LET A=X+19
 750 LET B=23+P*X*ET/EL
 755 PLOT A,B
 760 NEXT X
 765 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;T(1);
"----"
 770 PRINT AT 10,(A-1)/2;X(1)
 780 FOR I=1 TO N-1
 785 LET SF=SF+F(I)
 790 FOR X=X(I)*EL TO X(I+1)*EL
 795 LET T=SF+P*X/EL
 800 LET A=X+19
 805 LET B=23+T*ET
 810 IF X=X(I)*EL THEN PRINT AT
21-(B-1)/2,0;T(2*I);"----"
 812 PLOT A,B
 815 NEXT X
 820 PRINT AT 10,(A-1)/2;X(I+1)
 825 IF P<>0 THEN LET MX=-SF/P
 830 IF MX<X(I+1) AND MX>X(I) TH
EN LET XM=MX
 835 IF XM<X(I+1) AND XM>X(I) AN
D XM<>0 THEN PRINT AT 18+I,10;"T
(X)=0 POUR X=";XM
 840 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;T(2*I
 840 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;T(2*I
+1);"----"
 850 NEXT I
 855 IF X(N)=L THEN GOTO 895
 860 FOR X=X(N)*EL TO L*EL
 865 LET A=X+19
 867 LET T=-P*(L-X/EL)
 870 LET B=23+T*ET
 875 IF X=X(N)*EL THEN PRINT AT
21-(B-1)/2,0;T(2*N);"----"
 880 PLOT A,B
 885 NEXT X
 886 PRINT AT 10,(A-1)/2;L
 890 REM ----------------------
-
 895 GOSUB 1900
 900 PRINT TAB 12;"GRAPHE DES MF
(X)";AT 1,4;"MF(X)"
 905 GOSUB 2000
 906 PRINT AT 21,0;"ATTENDEZ 1 M
INUTE, JE CALCULE..."
```

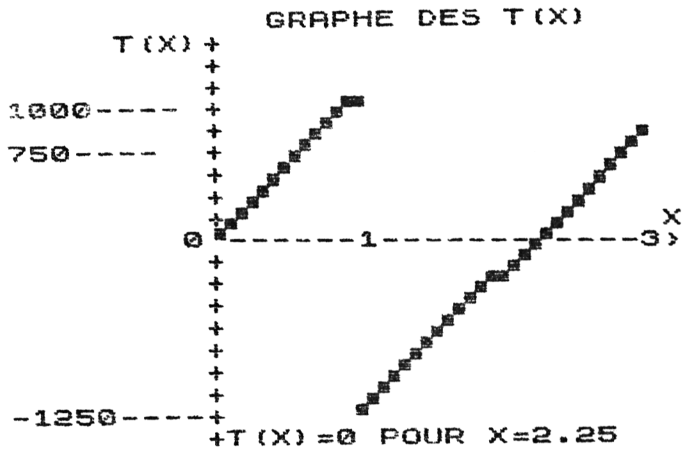
```
  910 LET MM=0
  915 LET SF=0
  920 LET SP=0
  930 FOR I=1 TO N-1
  935 LET SF=SF+F(I)
  940 LET SP=SP+F(I)*X(I)
  945 FOR X=X(I)*EL TO X(I+1)*EL
  950 LET M=SP-X*SF/EL-P*(X/EL)**
2/2
  955 IF ABS M>MM THEN LET MM=ABS
 M
  960 NEXT X
  965 NEXT I
  966 PRINT AT 21,0;"
                     "
  970 LET EM=16/MM
  975 IF X(1)=0 THEN GOTO 1018
  980 FOR X=0 TO X(1)*EL
  985 LET A=X+19
  990 LET M=-P*(X/EL)**2/2
  995 LET B=22+M*EM
 1000 PLOT A,B
 1005 NEXT X
 1008 LET M=-P*X(1)**2/2
 1010 PRINT AT 10,(A-1)/2;X(1)
 1015 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;M;"--
--"
 1018 LET SF=0
 1019 LET SP=0
 1020 FOR I=1 TO N-1
 1025 LET SF=SF+F(I)
 1030 LET SP=SP+F(I)*X(I)
 1040 FOR X=X(I)*EL TO X(I+1)*EL
 1045 LET M=SP-X*SF/EL-P*(X/EL)**
2/2
 1050 LET A=X+19
 1055 LET B=22+M*EM
 1060 PLOT A,B
 1070 NEXT X
 1072 LET M=SP-X(I+1)*SF-P*X(I+1)
**2/2
 1075 PRINT AT 10,(A-1)/2;X(I+1)
 1076 IF ABS M<1 THEN LET M=0
 1080 PRINT AT 21-(B-1)/2,0;M;"--
--"
 1082 IF XM>X(I) AND XM<X(I+1) TH
EN PRINT AT 18+I,10;"MF(";XM;") =
";SP-XM*SF-P*XM**2/2
 1085 NEXT I
 1090 IF X(N)=L THEN GOTO 1130
 1095 FOR X=X(N)*EL TO L*EL
 1100 LET A=X+19
 1105 LET B=22-(P*(L-X/EL)**2/2)*
EM
 1110 PLOT A,B
 1115 NEXT X
 1120 PRINT AT 10,(A-1)/2;L
 1130 STOP
 1900 PRINT AT 20,0;"LA SUITE, EN
APPUYANT UNE TOUCHE
                     "
 1950 PAUSE 4E4
 1960 CLS
 1970 RETURN
 2000 FOR I=1 TO 19
 2010 PRINT AT I,9;"+"
 2020 NEXT I
 2030 PRINT AT 10,10;"----------
---------->";AT 9,30;"X";AT 10,8;
"0"
 2040 RETURN
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

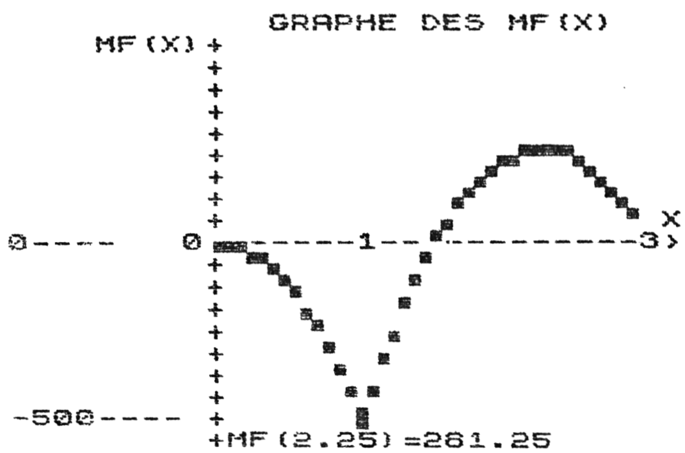
Lignes 705 à 706 : tracé des axes.
Lignes 708 à 716 : initialisation variables - calculs d'échelles des longueurs.
Lignes 718 à 730 : recherche de T maxi et calcul d'échelle.
Lignes 735 à 770 : tracé du graphe T(x) pour X=0 à X=X(1).
Lignes 780 à 815 : tracé du graphe T(X) de X=X(I) à X(I+1).
Lignes 820 à 850 : affichage des valeurs et recherche de XM tel que T(XM)=Ø.
Lignes 855 à 890 : tracé du graphe pour X=X(N) à L. Affichage des valeurs correspondantes.
Lignes 895 à 906 : tracé des axes.
Lignes 910 à 920 : initialisations variables.
Lignes 930 à 970 : recherche de toutes les valeurs tracées de MF afin de connaître le maximum - calcul de l'échelle et tracé des moments.
Lignes 975 à 1015 : tracé du graphe de MF pour X=0 à X(1).
Lignes 1018 à 1070 : tracé du graphe de MF pour X=X(I) à X(I+1).
Lignes 1072 à 1080 : affichage des valeurs caractéristiques de MF(X).
Ligne 1082 : calcul de MF(XM) - valeur de MF maxi dans l'intervalle X(I), X(I+1).
Lignes 1090 à 1900 : tracé du graphe de MF(X) pour X=X(N) à X=L, affichage des valeurs correspondantes.
Lignes 1900 à 1970 : sous-programme d'attente et d'effacement.
Lignes 2000 à 2040 : sous-programme de tracé des axes OX. OY.

EXEMPLE 1 - Poutre sur 2 appuis - charge répartie

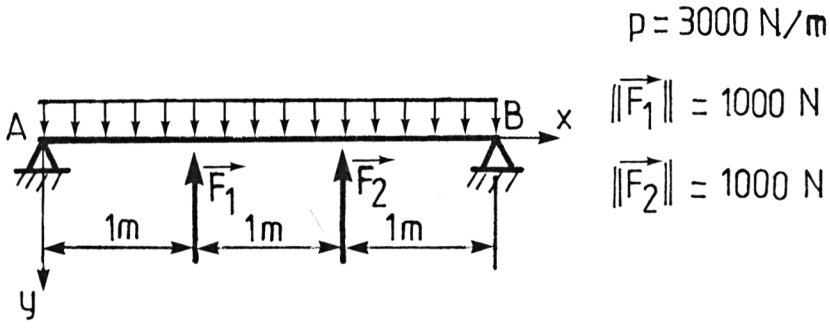


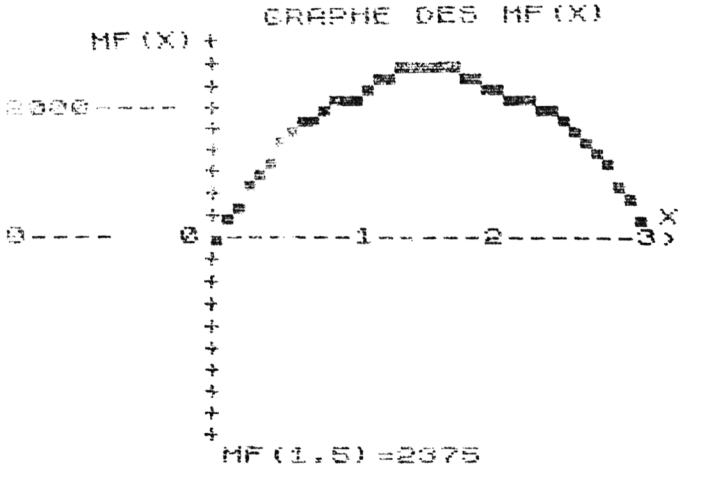


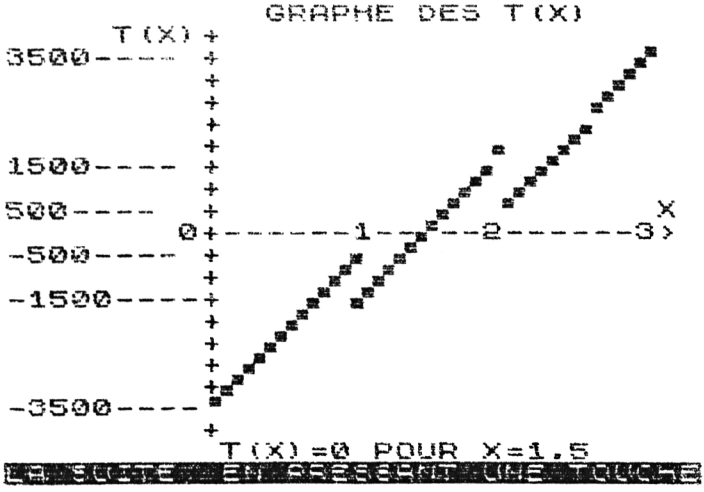
LA SUITE EN PRESSANT UNE TOUCHE



EXEMPLE 2


p = 3000 N/m
A
B
x
y
$\|\vec{F_1}\|$ = 1000 N
$\|\vec{F_2}\|$ = 1000 N
$\vec{F_1}$
$\vec{F_2}$
1m
1m
1m


GRAPHE DES MF(X)
MF(X)
3000
0
0
1
2
3
X
MF(1.5)=2375


GRAPHE DES T(X)
T(X)
3500
1500
500
0
-500
-1500
-3500
0
1
2
3
X
T(X)=0 POUR X=1.5
LA SUITE EN APPUYANT UNE TOUCHE

RDM 8

Calcul des déformations maximales en flexion plane

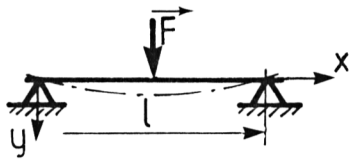
RAPPEL DES CARACTERISTIQUES

L'équation de la déformée est donnée par :

$$E\, I_{Gz} \frac{d^2 y}{dx^2} = -M_f$$

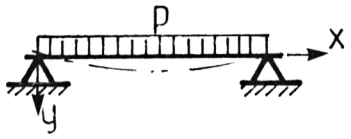
L'intégration de cette équation différentielle donne dans les quatre cas simples suivants :

1- Poutre sur 2 appuis simples - charge concentrée au milieu



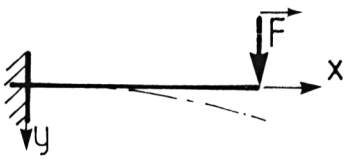
$$y = \frac{F\, l^3}{48\, E\, I_{Gz}}$$

2- Poutre sur 2 appuis simples - charge uniformément répartie :



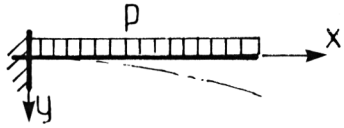
$$y = \frac{5\, p\, l^4}{384\, E\, I_{Gz}}$$

3- Poutre encastrée - charge concentrée à l'extrémité :



$$y = \frac{F\, l^3}{3\, E\, I_{Gz}}$$

4- Poutre encastrée - charge uniformément répartie :



$$y = \frac{p\, l^4}{8\, E\, I_{Gz}}$$

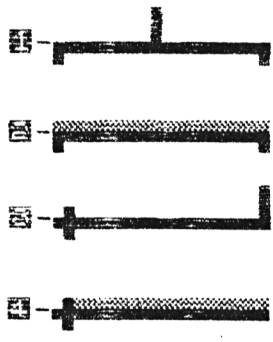
Ce dernier programme de résistance des matériaux, RDM 8, consiste à calculer dans quatre cas simples la flèche maximum d'une poutre en flexion plane simple.

Cas 1 : *poutre sur deux appuis simples*, charge concentrée au milieu, flèche maxi au milieu ;

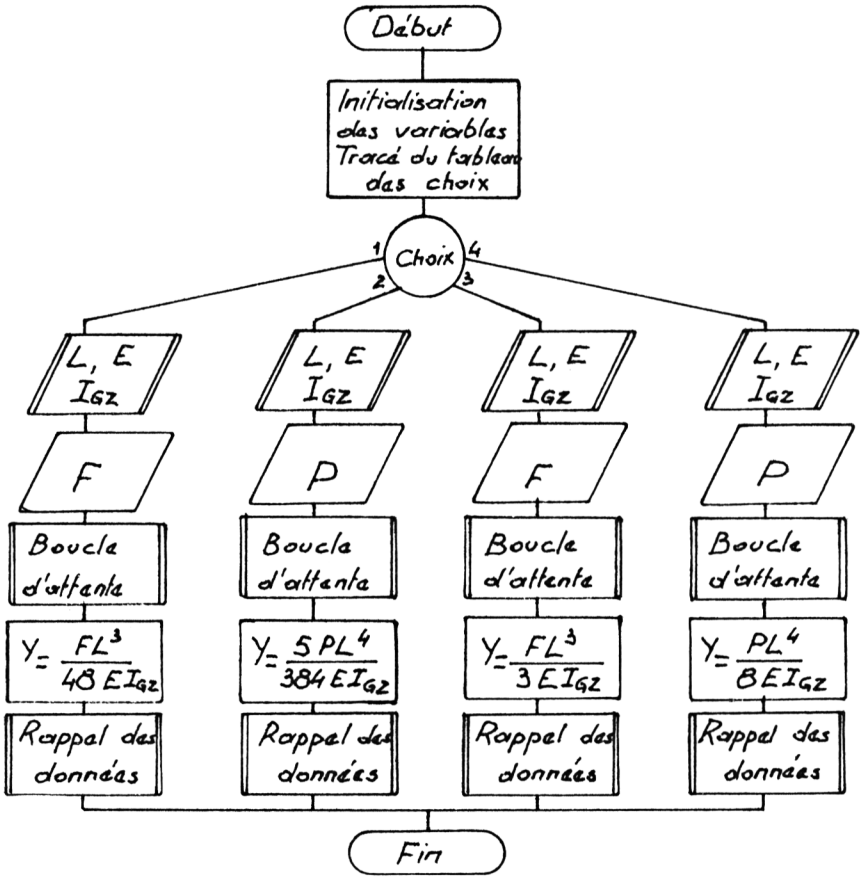
Cas 2 : *poutre sur 2 appuis*, charge répartie uniformément sur toute la longueur, flèche maxi au milieu ;

Cas 3 : *poutre encastrée*, charge concentrée à l'extrémité, flèche maxi à l'extrémité ;

Cas 4 : *poutre encastrée*, charge répartie sur toute la longueur, flèche maxi à l'extrémité.



ORGANIGRAMME



PROGRAMME

Dessin écran

Cas 1

Cas 2

Cas 3

```
   1 REM "RDM8"
   2 LET A$="POUTRE SUR 2 APPUIS
"
   3 LET B$="CHARGE CONCENTREE"
   4 LET C$="POUTRE ENCASTREE"
   5 LET D$="CHARGE REPARTIE"
   9 PRINT TAB 3;"FLEXION-CALCUL
DES FLECHES"
  10 PRINT AT 2,5;"CAS ETUDIE:"
  15 PRINT AT 4,11;"▄";AT 5,5;"▄
▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀";AT 6,7;"▀ ";AT 6,16;
"▀"
  20 PRINT AT 9,5;"▄▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀
";AT 10,7;"▀ ";AT 10,16;"▀"
  25 PRINT AT 12,16;"▄";AT 13,5;
"▄▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀";AT 14,7;"▀"
  30 PRINT AT 17,5;"▄▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀▀
";AT 18,7;"▀"
  35 INPUT C
  40 IF C>4 OR C<=0 THEN GOTO 35
  45 IF C=C THEN GOTO 50*C
  50 CLS
  55 PRINT TAB 7;A$
  60 PRINT TAB 3;B$+" AU MILIEU"
  65 GOSUB 300
  70 PRINT "MODULE DE L""ACTION
EN N","F=";
  75 INPUT F
  80 PRINT F
  85 GOSUB 400
  90 PRINT AT 9,9;"3";AT 10,5;"Y
=FL/48EI=";F*L**3/48/E/I;" MM"
  91 GOSUB 500
  92 GOSUB 600
  95 STOP
 100 CLS
 105 PRINT TAB 7;A$
 110 PRINT TAB 9;D$
 115 GOSUB 300
 120 PRINT "COEF. DE CHARGE EN N
/MM","P=";
 125 INPUT P
 130 PRINT P
 135 GOSUB 400
 140 PRINT AT 9,9;"4";AT 10,4;"Y
=5PL/384EI=";5*P*L**4/384/E/I;"
MM"
 141 GOSUB 700
 142 GOSUB 600
 145 STOP
 150 CLS
 155 PRINT TAB 8;C$
 160 PRINT TAB 4;B$+" EN BOUT"
 165 GOSUB 300
 170 PRINT "MODULE DE L""ACTION
EN N","F=";
 175 INPUT F
 180 PRINT F
 185 GOSUB 400
 190 PRINT AT 9,9;"3";AT 10,5;"Y
=FL/3EI=";F*L**3/3/E/I;" MM"
 191 GOSUB 500
 192 GOSUB 600
 195 STOP
```

Cas 4

```
200 CLS
205 PRINT TAB 8;C$
210 PRINT TAB 9;D$
215 GOSUB 300
220 PRINT "COEF. DE CHARGE EN N
/MM","P=";
225 INPUT P
230 PRINT P
235 GOSUB 400
240 PRINT AT 9,9;"4";AT 10,5;"Y
=PL/8EI=";P*L**4/8/E/I;" MM"
241 GOSUB 700
242 GOSUB 600
245 STOP
```

Entrées L,E,Igz

```
300 PRINT
305 PRINT "LONGUEUR DE LA POUTR
E EN MM","L=";
310 INPUT L
315 PRINT L
320 PRINT
325 PRINT "MODULE D""ELASTICITE
EN N/MM2","E=";
330 INPUT E
335 PRINT E
340 PRINT
345 PRINT "MOMENT QUADRATIQUE E
N MM4","IGZ=";
350 INPUT I
355 PRINT I
360 PRINT
365 RETURN
```

Rappel entrées

```
400 FOR Y=1 TO 20
405 NEXT Y
410 CLS
415 RETURN
500 PRINT AT 12,0;"AVEC:";AT 12
,8;"F=";F;" N"
505 RETURN
600 PRINT AT 14,8;"L=";L;" MM";
AT 16,8;"E=";E;" N/MM2";AT 18,8;
"I=";I;" MM4"
605 RETURN
700 PRINT AT 12,0;"AVEC:";AT 12
,8;"P=";P;" N/MM"
705 RETURN
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 1 à 30 : dessin de l'écran choix ; définition des chaînes de caractères.
Lignes 30 à 45 : choix de calcul.
Lignes 50 à 95 : calcul des flèches dans le cas 1.
Lignes 100 à 145 : calcul des flèches dans le cas 2.
Lignes 150 à 195 : calcul des flèches dans le cas 3.
Lignes 200 à 245 : calcul des flèches dans le cas 4.
Lignes 300 à 365 : entrées communes aux 4 cas : L, E, IG_z.
Lignes 400 à 415 : boucle d'attente.
Lignes 500 à 505 : rappel de l'affichage de la donnée F.
Lignes 600 à 605 : rappel de l'affichage des données L, E, IG_z.
Lignes 700 à 705 : rappel de l'affichage de la donnée P.

EXEMPLE D'UTILISATION

Exercice proposé

Une poutre encastrée de longueur l=2m, constituée par un fer IPN de poids 270 N/m est chargée à son extrémité d'une force concentrée de module 10 000 N.

Le module d'élasticité longitudinal est E=200 000 N/mm^2.

On donne I_{Gz} = 1 450 cm^4.

Déterminer la flèche à l'extrémité.

Méthode

On détermine la flèche à l'extrémité due au propre poids de la poutre.

On détermine la flèche à l'extrémité due à la charge concentrée.

La flèche demandée est la somme des deux flèches précédemment calculées.

COPIE D'ECRAN

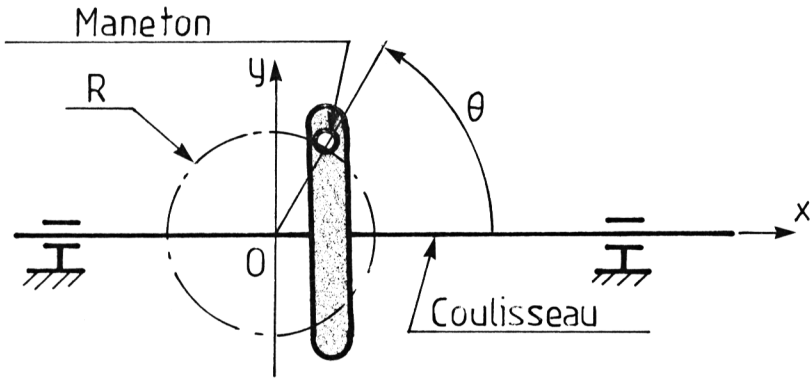
```
        Y=PL⁴/8EI=0.1862069 MM
AVEC:     P=0.27 N/MM
          L=2000 MM
          E=200000 N/MM2
          I=14500000 MM4

        Y=FL³/3EI=9.1954023 MM
AVEC:     F=10000 N
          L=2000 MM
          E=200000 N/MM2
          I=14500000 MM4
```

Flèche totale : 9,38 mm.

CINÉMATIQUE

CIN1

Came à cadre



La course du coulisseau est donnée par la fonction :

$$x = R \cos\theta \qquad \text{avec } 0 \leqslant \theta \leqslant 2\pi$$

La vitesse d'un point du coulisseau est donnée par :

$$V = \frac{dx}{dt} \qquad \text{soit } V = R \frac{d\cos\theta}{dt}$$

$$\text{d'où } V = -R \sin\theta \frac{d\theta}{dt} = -R\omega \sin\theta \qquad \text{si } \theta = \omega t$$

ω représente la vitesse angulaire du maneton. Il est utile de connaître la relation liant ω et N (fréquence de rotation en t/mn) :

$$\omega = \frac{\pi N}{30}$$

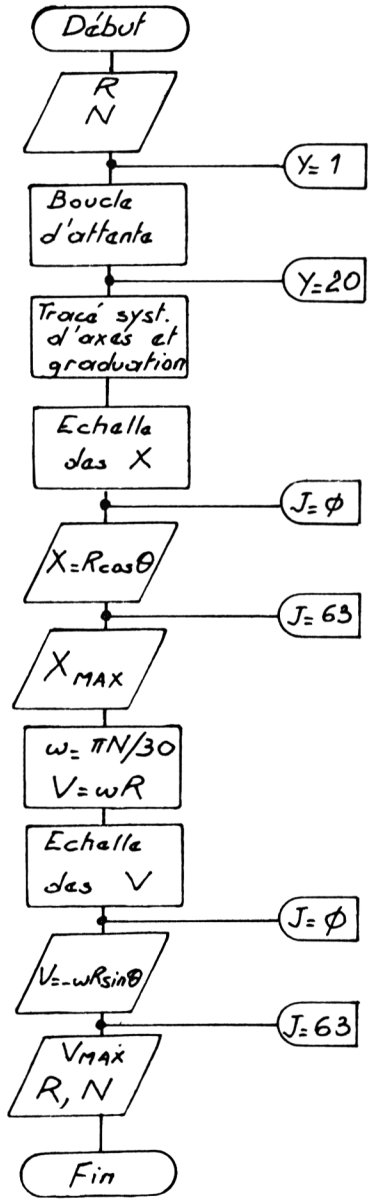
Le programme visualise la représentation graphique de ces deux fonctions et donne respectivement les valeurs de la course maximale du coulisseau ainsi que de sa vitesse maximale.

Le programme "**CIN1**" montre, à partir du mécanisme simple de transformation de mouvement qu'est la came à cadre, l'illustration graphique de la loi des espaces et de celle des vitesses.

Les entrées sont simplement le rayon du maneton et la vitesse de rotation en t/mn.

Le programme calcule les échelles, trace les graphes X=f(θ) et V=f(θ) et affiche la valeur de V maxi.

ORGANIGRAMME



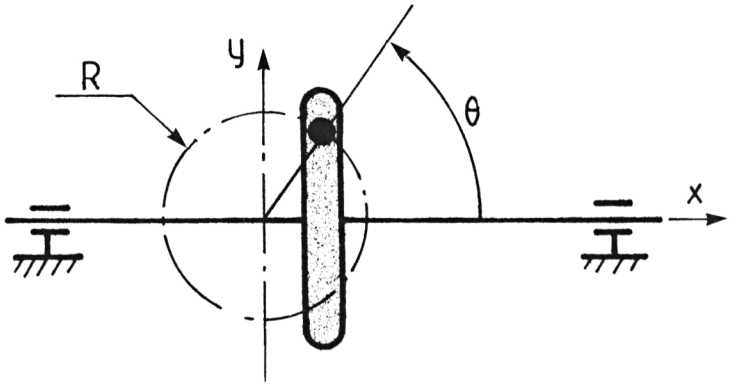
PROGRAMME

```
    1 REM "CIN1"
    5 PRINT TAB 10;"CAME A CHARE"
   10 PRINT AT 2,7;"GRAPHE DES ES
PACES";AT 4,7;"GRAPHE DES VITESS
ES"
   15 PRINT
   20 PRINT "RAYON DU MANETON EN
MM R=";
   25 INPUT R
   30 PRINT R
   35 PRINT
   40 PRINT "FREQUENCE DE ROT EN
T/MN N=";
   45 INPUT N
   50 PRINT N
   52 FOR Y=1 TO 20
   54 NEXT Y
   60 CLS
   65 FOR I=1 TO 30
   70 PRINT AT 10,I;"-";AT 10,31;
">"
   75 NEXT I
   80 FOR I=0 TO 21
   85 PRINT AT I,0;"+"
   90 NEXT I
   95 PRINT AT 11,17;"PI";AT 11,2
9;"2PI"
  100 LET EX=10/R
  105 FOR J=0 TO 63
  110 PLOT J,22+R*EX*COS (J/32*PI
)
  115 NEXT J
  120 PRINT AT 4,1;"+";R;AT 16,14
;"-";R;AT 5,4;"GRAPHE DE X"
  125 LET W=PI*N/30
  130 LET V=W*R
  135 LET EV=20/V
  140 FOR J=0 TO 63
  145 PLOT J,21-W*R*EV*SIN (J/32*
PI)
  150 NEXT J
  155 PRINT AT 0,15;"+";V/1000;"
M/S";AT 21,10;"-";V/1000;" M/S";
AT 19,12;"GRAPHE DE V"
  160 PRINT AT 14,25;"R=";R;AT 15
,25;"N=";N
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

Lignes 1 à 60 : entrée de R et N.
Lignes 65 à 95 : tracé des axes de coordonnées.
Ligne 100 : calcul de l'échelle des X.
Lignes 105 à 120 : tracé du graphe des abscisses.
Lignes 125 à 135 : calcul échelle des vitesses.
Lignes 140 à 160 : tracé du graphe des vitesses - affichage des résultats.

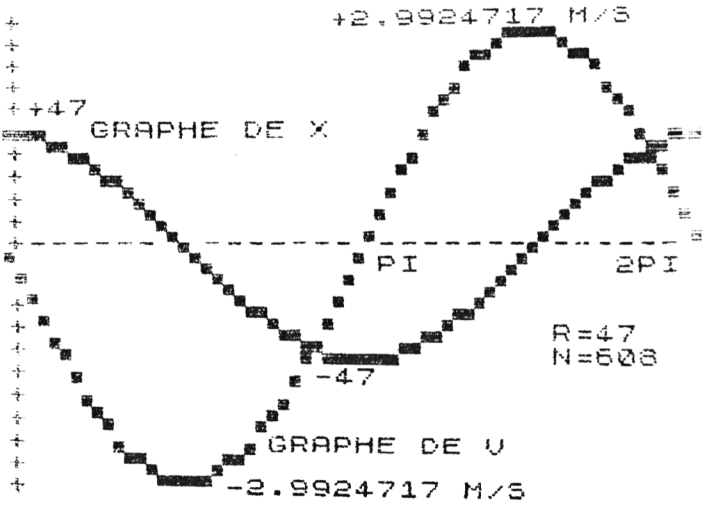
EXEMPLE D'UTILISATION



Rayon du maneton R=47 mm.

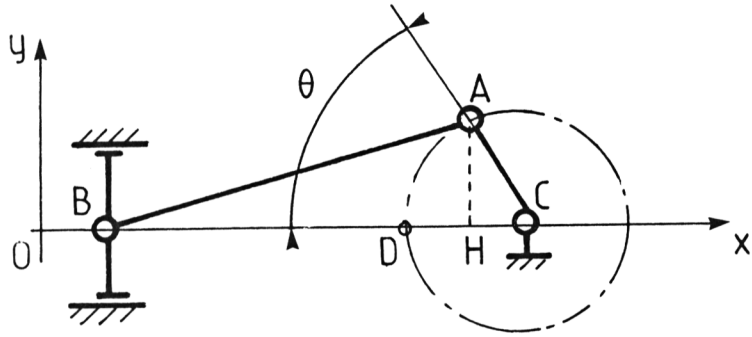
Vitesse de rotation N = 608 t/mn.

COPIE D'ECRAN



CIN 2

Système bielle - manivelle



On pose : OD = AB = l et AC = R

La position du piston est donnée par :

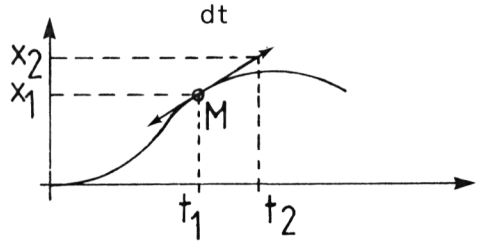
$$x = \overline{OB} = \overline{OD} + \overline{DC} + \overline{CH} + \overline{HB}$$

or $HB^2 = AB^2 - AH^2 = \sqrt{l^2 - R^2 \sin^2\theta}$

d'où $x = R(1 - \cos\theta) + l - \sqrt{l^2 - R^2 \sin^2\theta}$

La vitesse du piston est donnée par :

$$v = \frac{dx}{dt}$$



Nous savons que v représente le coefficient directeur de la tangente en M.

Soit :

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

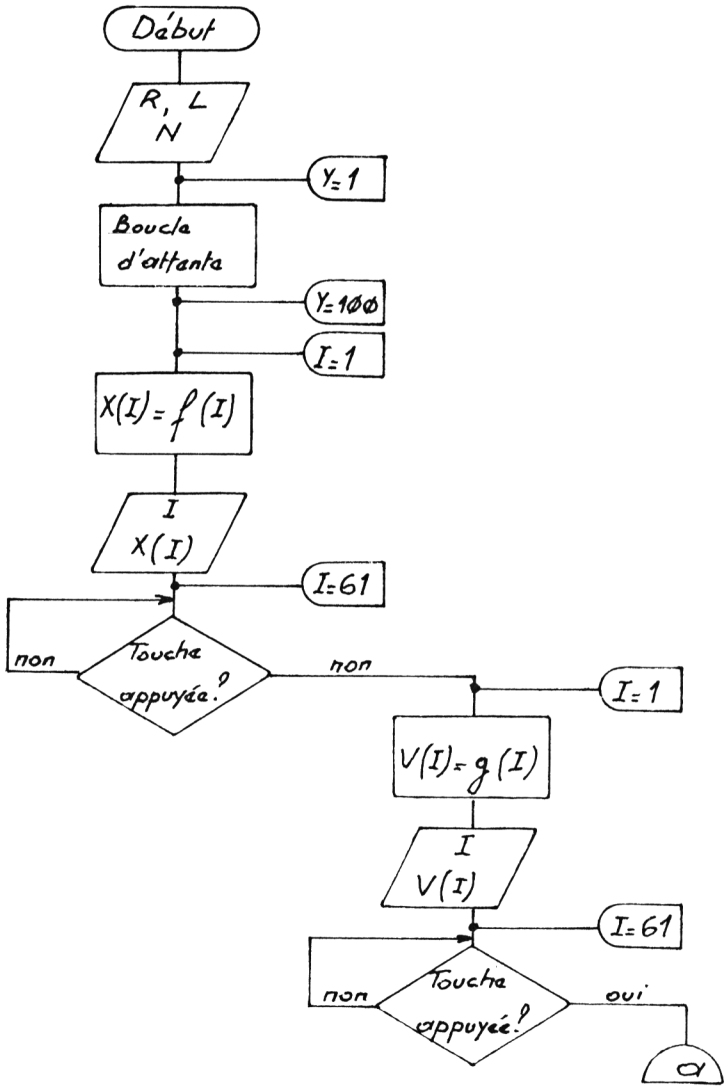
Si, à l'aide de cette relation, nous calculons **v** de proche en proche dans l'intervalle 0, 2π, nous obtenons la variation de la vitesse du piston en fonction du temps.

Le programme **"CIN2"** trace les graphes x=f(t) et v=g(t). De plus, il intercepte au passage les valeurs de la course maxi, de la vitesse maxi et les affiche.

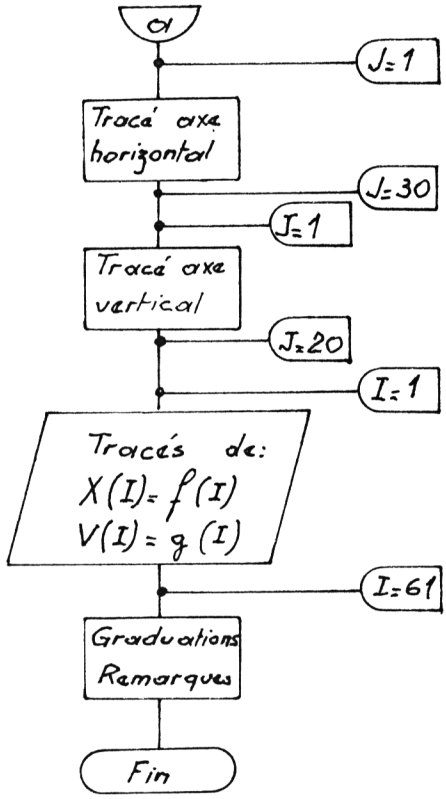
De façon analogue au précédent, ce programe **"CIN2"** permet le tracé des graphes des espaces et des vitesses du système bielle-manivelle.

Les entrées sont le rayon de la manivelle, la longueur de la bielle et la vitesse de rotation en t/mn.

ORGANIGRAMME



(suite organigramme)



PROGRAMME

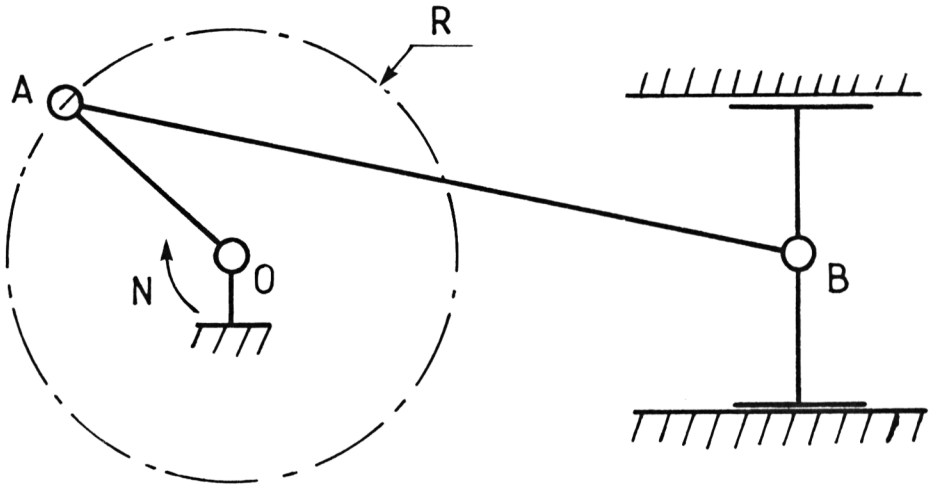
```
    1 REM "CIN2"
    5 PRINT TAB 4;"SYSTEME BIELLE
-MANIVELLE"
   10 PRINT AT 2,7;"GRAPHE DES ES
PACES";AT 4,7;"GRAPHE DES VITESS
ES"
   15 PRINT
   20 PRINT "RAYON DE LA MANIVELL
E EN MM","R=";
   25 INPUT R
   30 PRINT R
   35 PRINT
   40 PRINT "LONGUEUR DE LA BIELL
E EN MM","L=";
   45 INPUT L
   50 PRINT L
   55 PRINT
   60 PRINT "FREQUENCE DE ROT. EN
 T/MN","N=";
   65 INPUT N
   70 PRINT N
   75 PRINT AT 21,0;"ATTENDEZ QUE
LQUES INSTANTS..."
   80 FOR Y=1 TO 100
   85 NEXT Y
   90 CLS
   95 LET X$="R*(1-COS A)+L-SQR (
L**2-R**2*SIN A*SIN A)"
  100 DIM X(62)
  105 DIM V(61)
  106 FAST
  107 PRINT "ANGLE";TAB 10;"X"
  110 FOR I=1 TO 61
  115 LET A=(I-1)*PI/30
  120 LET X(I)=VAL X$
  121 LET X(1)=0
  122 LET X(61)=0
  124 LET X(31)=2*R
  130 PRINT (I-1)*6;TAB 10;INT (X
(I))
  132 IF I=20 OR I=41 THEN GOSUB
500
  135 NEXT I
  136 SLOW
  137 GOSUB 550
  138 IF INKEY$="" THEN GOTO 138
  139 CLS
  146 FAST
  147 PRINT "ANGLE";TAB 10;"V EN
M/S"
  148 LET VM=0
  150 FOR I=1 TO 61
  152 LET V(I)=(X(I+1)-X(I))*N/10
00
  157 IF V(I)>VM THEN LET VM=V(I)
  160 LET V(1)=0
  167 LET V(31)=0
  172 IF I=21 OR I=42 THEN GOSUB
500
```

```
  174 PRINT (I-1)*6;TAB 10;V(I)
  175 NEXT I
  177 SLOW
  178 GOSUB 550
  179 IF INKEY$="" THEN GOTO 179
  180 CLS
  181 FOR J=1 TO 30
  182 PRINT AT 10,J;"-";AT 10,31;
">"
  183 NEXT J
  184 FOR J=1 TO 21
  185 PRINT AT J,0;"+"
  186 NEXT J
  189 FOR I=1 TO 61
  190 PLOT I,22+X(I)*10/R
  195 PLOT I,22+V(I)*20/VM
  200 NEXT I
  205 PRINT AT 1,15;2*R;AT 1,21;"
GRAPHE DE X";AT 9,16;"PI";AT 9,2
9;"2PI"
  210 PRINT AT 12,5;"GRAPHE DE V"
;AT 20,2;"V MAX=";VM;" M/S"
  215 PRINT AT 14,2;"R=";R;AT 16,
2;"L=";L;AT 18,2;"N=";N;" T/MN"
  499 STOP
  500 PRINT "PRESSEZ CONT. PUIS N
/L"
  505 RETURN
  550 PRINT AT 21,0;"PRESSEZ UNE
TOUCHE POUR CONT."
  555 RETURN
```

STRUCTURE DU PROGRAMME

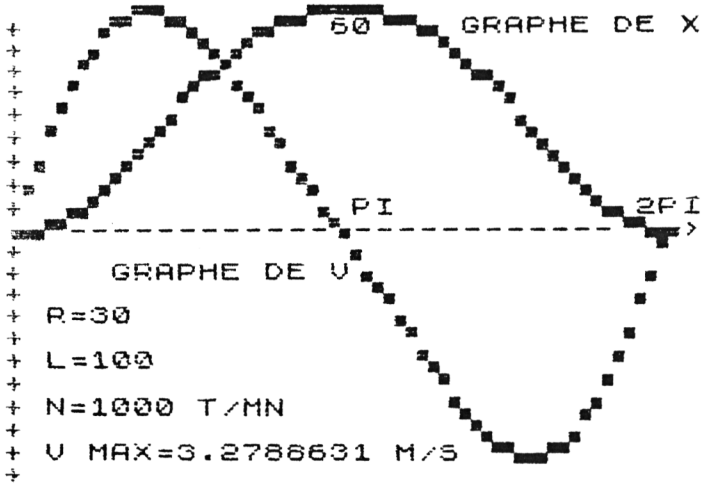
Lignes 1 à 70 : entrée de R, L, N.
Lignes 75 à 90 : boucle d'attente et effacement.
Ligne 95 : fonction espace X=f(R, L, Angle) définie sur forme de chaîne.
Lignes 100 à 135 : calcul des valeurs de X en mode rapide. Si l'affichage des valeurs calculées n'intéresse pas l'utilisateur, il peut supprimer alors la ligne 130 ; cela évite ainsi l'affichage des valeurs espaces calculées.
Lignes 148 à 175 : calcul et affichage des valeurs calculées des vitesses. Même remarque en ce qui concerne l'affichage des vitesses : suppression possible de la ligne 174.
Lignes 181 à 186 : tracé des axes.
Lignes 189 à 215 : tracés simultanés des graphes espaces et vitesses.

EXEMPLE D'UTILISATION



AB = L = 100 - R = 30
N = 1000 t/mn.

COPIE D'ECRAN



Achevé d'imprimer en novembre 1984
sur les presses de l'imprimerie Laballery et Cie
58500 Clamecy
Dépôt légal : novembre 1984

N° d'impression : 411011
N° d'édition : 86595-219-1
ISBN : 2-86595-219-3

En quoi l'informatique est-elle un complément précieux au cours classique de mécanique ? Si l'étude de cas simplifié reste le meilleur mode d'enseignement, la résolution de cas réels permet une compréhension véritable des phénomènes mécaniques. Mais elle s'accompagne de calculs répétitifs que l'utilisation de petits programmes en Basic rend amusants. Plus les variables d'une équation sont nombreuses, plus le nombre de paramètres existants est grand et plus le traitement par ordinateur se justifie.

Les vingt programmes contenus dans ce manuel n'ont pas la prétention de couvrir l'ensemble des cours de mécanique. Ils ne demandent pas de connaissances particulières en programmation. Ils proposent simplement aux nouveaux adeptes du Basic d'acquérir rapidement des outils de valorisation de leur machine. Organigrammes, exercices, listings originaux et applications illustrent les différentes étapes de programmation de chaque chapitre.

Ecrits dans un Basic limité aux instructions courantes les programmes sont directement utilisables sur la plupart des micro-ordinateurs.

ÉDITIONS DU P.S.I.
Boîte postale 86 - F - 77402 Lagny/Marne Cedex
ISBN 2-86595-219.3 - Imprimé en France

95 FF

THIERRY TACQUET
FRANCIS LEGROUX

Document numérisé avec amour par

AMSTRAD CPC

MÉMOIRE ÉCRITE

https://acpc.me/